This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06910204 8

PRÉCIS

DE

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

ANIMALE

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

Chemistry (animal) 1855

PRÉCIS

DE

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

ANIMALE

PAR LE DOCTEUR

C.-G. LEHMANN

Professeur de chimie à l'Université de Leipzig.

Traduit de l'allemand

PAR M. CH. DRION

Ancien élève de l'école normale, agrégé, professeur de sciences physiques au Lycée impérial de Versailles.

Avec 26 figures intercalées dans le texte.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK

PARIS

LIBRAIRIE DE VICTOR MASSON

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1855

L'éditeur se réserve le droit de traduction.

A SON MAÎTRE ET AMI

M. Ch. GERHARDT.

Hommage du traducteur,

Ch. DRION.

Versailles, 5 juillet 1855.

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION. 1

PREMIÈRE PARTIE. — Principes immédiats de l'organisme. 8

I. *Matières organiques*. 8

Acides organiques non azotés. 20

Acides gras. 20

Acides gras volatils. 21

Acides gras fixes 27

Groupe de l'acide oxalique 35

Groupe de l'acide oléique. 37

Groupe de l'acide benzoïque 39

Groupe de l'acide lactique. 41

Acides conjugués non azotés 44

Acides organiques azotés 46

Bases organiques azotées et corps analogues. 54

Bases organiques non azotées 64

Substances neutres non azotées. 71

Matières colorantes 75

Matières génératrices des tissus. 78

Matières albuminoïdes. 82

Dérivés immédiats des matières albuminoïdes 95

II. *Matières minérales*. 99

Agents mécaniques. 100

Agents chimiques 104

Substances minérales accidentelles. 107

DEUXIÈME PARTIE. — Liquides et tissus de l'organisme. . 110

I. *Liquides*. 110

Sang 111

Chyle. 152

Lymphe. 156

Transsudations 157
Lait. 164
Sperme 170
Liquides de l'œuf. 172
Mucus. 177
Salive. 179
Suc gastrique. 186
Bile. 191
Suc pancréatique. 200
Suc intestinal. 203
Contenu de l'intestin. 204
Sécrétion cutanée. 217
Sueur. 218
Urine. 221
II. *Tissus*. 246
Tissu osseux. 248
Tissu dentaire. 255
Tissu cartilagineux 257
Tissu cellulaire 260
Tissu élastique. 261
Tissu corné 263
Tissu capillaire 265
Cellules fusiformes contractiles. 267
Fibrilles des muscles striés. 270
Tissu nerveux. 274
Exsudations. 285

TROISIÈME PARTIE. — Réactions chimiques de l'économie. 294
Forces et lois des mouvements organiques 294
Transmutations de l'organisme. 302
Digestion 323
Respiration. 344
Nutrition 371
Errata. 396

FIN DE LA TABLE.

PRÉCIS

DE

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

ANIMALE.

INTRODUCTION.

1. La *chimie physiologique* comprend l'étude des phénomènes chimiques dont les êtres organisés sont le siége; elle s'occupe non-seulement des substances qui composent les plantes et les animaux, mais encore, et principalement, des actions réciproques de ces substances, ainsi que de l'influence qu'exercent sur elles les agents extérieurs pendant la vie.

Les questions pathologiques sont également du domaine de la chimie physiologique, car les lois qui régissent la vie dans l'état de santé sont les mêmes que dans l'état de maladie, et les différences qu'elles semblent présenter dans les cas pathologiques ne tiennent qu'à certaines causes extérieures. Au point de vue physiologique, il convient, toutefois, de séparer la chimie animale de la chimie végétale, malgré de nombreux points de contact; cette séparation est rendue nécessaire autant par la nature spéciale des substances qui entrent dans la composition des plantes et des animaux, que par la di-

versité des réactions chimiques propres à ces deux classe d'êtres; aussi ne confondrons-nous les deux branche que pour développer les relations qui rattachent la v animale à la vie végétale.

2. La *chimie physiologique animale* se divise nécessa rement en trois parties, ayant pour objet : l'étude de principes immédiats, celle des liquides et des tissus, celle des réactions chimiques qui s'accomplissent dan l'économie.

La connaissance des principes immédiats de l'orga nisme forme en quelque sorte la base de la chimie an male. Il serait impossible, en effet, de se rendre comp des métamorphoses si variées de l'économie, sans bie connaître les substances qui concourent à les produir soit que ces substances forment une partie intégrante d l'organisme, soit que, étrangères à sa composition et a rivant du dehors, elles viennent réagir sur lui.

Les substances animales doivent toujours être étudié au double point de vue du chimiste et du physiologist Pour comprendre leur rôle, il est indispensable d'appro fondir les relations chimiques de chacune d'elles en pa ticulier; il est même nécessaire, avant d'en aborder l'é tude, de se familiariser avec les théories de chimie pur ayant cours dans la science. Mais cela ne suffit pas: faut encore examiner chaque substance dans ses rappor physiologiques, c'est-à-dire déterminer les parties d l'organisme où elle se rencontre, les fonctions qu'elle remplit, les conditions dans lesquelles elle y prend nai sance ou disparaît, etc.

La connaissance des liquides et des tissus permet d

pénétrer plus avant dans le secret des transmutations animales. Ces transmutations ont, en effet, pour résultat final, la production des liquides et des tissus, et ceux-ci sont à la fois les facteurs et les produits des opérations physiologiques. Mais leur investigation présente des difficultés bien plus grandes que celle des principes immédiats, car les liquides et les tissus de l'organisme sont en général des mélanges mécaniques, fort compliqués, d'un grand nombre de principes dont la séparation est souvent impossible dans l'état actuel de la science. Les tissus renferment des parties très diverses, qu'on ne parvient à distinguer qu'à l'aide du microscope; il en est de même des liquides et particulièrement du sang, le plus important d'entre eux. C'est d'ailleurs un problème des plus complexes que la détermination exacte, au point de vue chimique, des principes du sang considérés suivant leur distribution dans les globules et le sérum; avant de l'avoir résolu, on ne saurait formuler une théorie complète du rôle physiologique de ce liquide.

Après avoir étudié les caractères chimiques et physiologiques des principes immédiats, ainsi que des liquides et des tissus qui en sont composés, nous aurons à nous occuper d'une autre question de la plus haute importance : nous aurons à examiner les proportions d'après lesquelles les uns et les autres se produisent dans l'économie. Dans les sciences physiques, comme chacun sait, la détermination de certains rapports numériques complète nécessairement les faits observés et leur imprime un cachet scientifique; avant de porter un jugement sur le rôle des différents facteurs physiologiques, il faut donc

PRÉCIS

DE

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

ANIMALE

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

Chemistry (animal) 1855

PRÉCIS

DE

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

ANIMALE

PAR LE DOCTEUR

C.-G. LEHMANN

Professeur de chimie à l'Université de Leipzig.

Traduit de l'allemand

PAR M. CH. DRION

Ancien élève de l'école normale, agrégé, professeur de sciences physiques au Lycée impérial de Versailles.

Avec 26 figures intercalées dans le texte.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK

PARIS

LIBRAIRIE DE VICTOR MASSON

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1855

L'éditeur se réserve le droit de traduction.

A SON MAÎTRE ET AMI

M. CH. GERHARDT.

Hommage du traducteur,

CH. DRION.

Versailles, 5 juillet 1855.

Bien qu'il nous soit impossible de pénétrer profond ment dans le secret de la constitution moléculaire d corps pour que nous puissions décrire en quelque so la disposition géométrique qu'affectent les atomes él mentaires dans une molécule composée, nous pouvo cependant, par l'examen attentif de certaines réactio découvrir des analogies, reconnaître que des corps, apparence différents, dérivent d'un même *type*, sc constitués d'une manière analogue.

Lorsque, en chimie minérale, nous voyons que le zi et le fer sont susceptibles de chasser, du sulfate d'arge ou du sulfate de cuivre, l'argent ou le cuivre de ces se et de prendre leur place sans qu'il survienne aucun au déplacement de matière, nous affirmons que le sulf de zinc et le sulfate de fer qui ont pris naissance, ont même constitution moléculaire que le sulfate d'arge et le sulfate de cuivre ; nous ne préjugeons rien s l'arrangement des atomes de soufre, d'oxygène et métal dans ces sels, mais nous n'en sommes pas moi certains que cet arrangement, quel qu'il soit, est même dans les quatre composés.

En un mot, il est admis par tout le monde que da les sels minéraux un métal peut *se substituer* à un au métal, et plus généralement, un corps simple à un au

théoriques de M. Gerhardt faisant aujourd'hui autorité, non-se lement en France, mais aussi en Allemagne et en Angleterre. C' le seul changement que nous nous soyons permis dans cette t duction ; il ne porte, d'ailleurs, aucune atteinte à l'esprit géné de l'ouvrage, et maintient parfaitement intactes les idées prop à l'auteur en matière de chimie physiologique. C. D.

corps simple, sans que la constitution du composé primitif s'en trouve altérée.

Il en est de même en chimie organique. Dans un très grand nombre de substances, certains atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par un égal nombre d'atomes de chlore, de brome, d'iode, sans que la constitution moléculaire primitive soit changée, et sans que les propriétés physiques et chimiques de ces substances subissent des modifications essentielles. Par exemple, dans les acides organiques, certains atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par du chlore, et cette substitution n'enlève pas à ces acides la propriété de s'unir aux bases.

Mais les phénomènes de substitution se présentent ici avec un caractère de plus grande généralité.

On a reconnu, en effet, que certains corps composés sont susceptibles de jouer dans les substances organiques le rôle de corps simples : on leur donne le nom de *radicaux*. Ces groupements moléculaires peuvent se substituer aux atomes élémentaires dans un grand nombre de combinaisons. Tels sont le cyanogène C^2N, qui ressemble au chlore par toutes ses propriétés, et l'acide hypoazotique NO^4, qui remplace l'hydrogène des acides et des bases organiques, sans modifier d'une manière fondamentale les aptitudes de ces composés. Tels sont encore :

Le méthyle. . . C^2H^3.
L'éthyle. . . . C^4H^5.
Le phényle . . $C^{12}H^5$.
L'acétyle . . . $C^4H^3O^2$.
Le benzoïle . . $C^{14}H^5O^2$.
Le salicyle. . . $C^{14}H^5O^4$.
Etc., etc.

Si l'on fait agir l'iodure d'éthyle (éther iodhydriqu C^4H^5I sur l'ammoniaque, on obtient, par double décom position, de l'acide iodhydrique et un composé alcali comme l'ammoniaque elle-même, et qui ne diffère c cette dernière que parce que le groupe C^4H^5 a pris la pla de 1 atome d'hydrogène :

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + C^4H^5, I = \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + HI.$$

Ammoniaque. Éthylamine.

Par une réaction semblable, l'éthylamine peut échang un nouvel équivalent d'hydrogène contre de l'éthyl du méthyle, de l'amyle, etc., et donner naissance au composés suivants :

$$\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} N \qquad \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^2H^3 \\ H \end{matrix}\right\} N, \text{ etc.}$$

Diéthylamine. Méthyl-éthylamine.

Ceux-ci, à leur tour, peuvent perdre leur derni atome d'hydrogène et prendre en échange 1 atome c méthyle, d'éthyle, etc.

Enfin, dans l'oxyde d'ammonium lui-même, l 4 atomes d'hydrogène peuvent être remplacés, soit par même radical, soit par des radicaux différents ; de résultent des corps tout à fait semblables à la potass tels que l'oxyde de tétréthylammonium :

$$\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \\ C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\} N, O.$$

On divise en général les corps simples en deux classes, les métalloïdes et les métaux. A cette classification il est plus convenable d'en substituer une autre dans laquelle on rangerait ces corps en une série unique, dans laquelle le chlore et l'oxygène occuperaient l'une des extrémités, tandis que l'hydrogène et le potassium seraient placés à l'autre ; l'arsenic et l'antimoine se trouveraient vers le milieu de la série. Il n'existe, en effet, aucune démarcation nette entre les corps auxquels on donne ordinairement le nom de métalloïdes, et ceux qu'on désigne sous le nom de métaux. Des uns aux autres le passage se fait en quelque sorte d'une manière insensible.

Les mêmes considérations s'appliquent aux radicaux : ils forment une série parallèle à celle des corps simples. A côté du chlore, de l'oxygène, se placeront, par exemple, des radicaux oxygénés, tels que le benzoïle, l'acétyle ; à l'extrémité opposée viendront se ranger les hydrocarbures, tels que le méthyle, l'éthyle, le phényle, etc. Les premiers peuvent donner naissance à des acides tels que l'acide benzoïque, l'acide acétique ; ils forment, en s'unissant au chlore, des composés fumants analogues au chlorure de silicium. Les seconds, au contraire, par leur union avec l'oxygène, engendrent des composés faisant fonction de bases (les éthers) ; avec l'hydrogène, des substances analogues aux hydrures métalliques (C^2H^4, gaz des marais, ou C^2H^3,H, hydrure de méthyle) ; avec le chlore, des combinaisons qui rappellent les chlorures métalliques (C^4H^5Cl, chlorure d'éthyle, éther chlorhydrique).

Il ne sera pas inutile de rappeler ici que certains radi-

caux peuvent s'unir entre eux ou s'unir à des corps simples, pour donner naissance à des composés qui se comportent eux-mêmes comme des radicaux. Tels sont, par exemple :

Le cacodyle $(C^2H^3)^2$ As.
Le stibéthyle $(C^4H^5)^2$ Sb.

On donne quelquefois à ces nouveaux radicaux le nom de *radicaux conjugués*.

La considération des radicaux jette une grande clarté sur l'étude de la constitution moléculaire des composés organiques. Elle établit des rapports très nets entre des substances dissemblables au premier abord, et douées d'aptitudes fort différentes. Rapprochons, en effet, les réactions par suite desquelles prennent naissance l'éthylamine et l'acétamide :

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + C^4H^5, I = \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + HI.$$

Iodure d'éthyle. Éthylamine.

$$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + C^4H^3O^2, Cl = \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N + HCl.$$

Chlorure d'acétyle. Acétamide.

N'est-il pas évident que ces deux corps dérivent du même *type*, bien que le premier soit une base puissante et le second un composé neutre?

L'alcool, traité par le potassium, échange 1 atome d'hydrogène contre 1 atome de métal. Si l'on met de l'iodure d'éthyle en présence du composé ainsi obtenu,

on observe une double décomposition par suite de laquelle le potassium se trouve enlevé à l'état d'iodure, tandis que l'éthyle prend sa place. Ce fait démontre d'une manière incontestable que, quelle que soit la manière dont on se représente la constitution de l'alcool, celle de l'éther est exactement la même, et que les deux corps ne diffèrent que parce que dans l'un d'eux 1 atome d'éthyle tient la place qu'occupait dans l'autre 1 atome d'hydrogène.

6. L'étude de ces diverses transformations a conduit les chimistes à rapporter les composés organiques à un certain nombre de *types* bien caractérisés, tels que l'hydrogène, l'eau, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque.

Les hydrures, les acétones, les radicaux rentrent dans le premier de ces types :

$$\textit{Hydrogène} : \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\}$$

$\left.\begin{matrix} C^2H^3 \\ H \end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ C^2H^3 \end{matrix}\right\}$	$\left.\begin{matrix} C^2H^3 \\ C^2H^3 \end{matrix}\right\}$
Hydrure de méthyle (gaz des marais).	Hydrure d'acétyle (aldéhyde).	Acétone.	Méthyle.

De l'eau dérivent d'une part les alcools et les acides hydratés ; d'autre part les éthers et les acides anhydres :

$$\textit{Eau} : \left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O^2.$$

$\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O^2$	$\left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \end{matrix}\right\} O^2$	$\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\} O^2$	$\left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ C^4H^3O^2 \end{matrix}\right\} O^2$
Alcool.	Acide acétique hydraté.	Ether.	Acide acétique anhydre.

Les substances telles que l'éther chlorhydrique, le

chlorure de benzoïle, dérivent du type acide chlorh drique :

Acide chlorhydrique : HCl.

C^4H^5, Cl.	$C^{14}H^5O^2$, Cl.
Chlorure d'éthyle (éther chlorhydrique).	Chlorure de benzoïle.

Enfin les ammoniaques composées et les amides rapportent au type ammoniaque :

$$\textit{Ammoniaque :} \left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N.$$

$$\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N. \qquad \left.\begin{matrix} C^{12}H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N. \qquad \left.\begin{matrix} C^2H^3 \\ C^2H^3 \\ C^2H^3 \end{matrix}\right\} N. \qquad \left.\begin{matrix} C^{14}H^5O^2 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N.$$

Ethylamine. Aniline. Triméthylamine. Benzamide.

7. De nouveaux rapports, de nouvelles analogies manifestent quand on établit des séries de *compo homologues.* On donne ce nom à des substances qui re plissent les mêmes fonctions et dont les formules cl miques ne diffèrent que par $C^2 H^2$. Tels sont les co posés que l'on désigne sous les noms génériques d'alcoo d'acides gras, etc. Ces derniers, par exemple, sont tc compris dans la formule générale $C^{2n}H^{2n}O^4$. Si l'on co pare les propriétés physiques et chimiques de de termes extrêmes de la série, celles de l'acide formique de l'acide stéarique, on n'y découvre, à première vi aucune analogie ; mais si, pour arriver du premier ter au dernier, on passe par tous les intermédiaires, on p suivre les modifications successives et graduelles

chaque propriété ; c'est ainsi qu'on voit le point d'ébullition s'élever d'une quantité sensiblement constante d'un terme au suivant ; la densité de vapeur croît aussi d'une manière régulière ; au contraire, la solubilité, la fluidité, l'action sur les couleurs végétales diminuent à mesure que la molécule se complique. Il est d'ailleurs important de noter que sous l'influence des mêmes agents les corps homologues donnent toujours naissance à des dérivés homologues.

Dans la classification des acides organiques, nous nous appuierons sur les rapports d'homologie. Nous répartirons ces acides en cinq groupes homologues caractérisés par les formules

$C^{2n}H^{2n}O^{4}$..... groupe de l'acide formique.
$C^{2n}H^{2n}\,{}^{2}O^{8}$.... groupe de l'acide oxalique.
$C^{2n}H^{2n-2}O^{4}$.... groupe de l'acide oléique.
$C^{2n}H^{2n-8}O^{4}$. ... groupe de l'acide benzoïque.
$C^{4n}H^{4n}O^{12}$..... groupe de l'acide lactique.

Tels sont les principaux points sur lesquels reposent les théories actuellement admises dans la science, et qui seuls peuvent nous servir de base dans la classification rationnelle des substances animales. Bien que la connaissance de ces théories soit indispensable dans l'étude de la chimie physiologique, il ne convient pas ici d'entrer dans la discussion des opinions, quelquefois contradictoires, qui ont été émises. Nous devons avant tout nous en tenir aux faits, et n'admettre les théories que lorsqu'elles sont incontestablement appuyées sur les faits. La marche la plus simple, et la plus sûre en même temps, consistera donc à grouper les corps en séries, dont

chacune renfermera des composés, sinon tous homologues, du moins tous très semblables. Ainsi que nous l'avons déjà dit, c'est surtout dans le domaine de la chimie animale que l'on rencontre une foule de corps difficiles à classer; la place qu'ils doivent occuper ne pourra leur être assignée que d'après certaines propriétés accidentelles; mais bientôt, peut-être, on arrivera aussi à établir une division scientifique pour des composés aussi peu déterminés que le sont, par exemple, les substances albuminoïdes.

Acides organiques non azotés.

8. *Acides gras*, $C^{2n}H^{2n}O^4$. — La série des acides gras homologues, aujourd'hui connus, se compose des termes suivants :

Acide formique	$C^2H^2O^4$.
— acétique	$C^4H^4O^4$.
— propionique	$C^6H^6O^4$.
— butyrique	$C^8H^8O^4$.
— valérique	$C^{10}H^{10}O^4$.
— caproïque	$C^{12}H^{12}O^4$.
— œnanthylique	$C^{14}H^{14}O^4$.
— caprylique	$C^{16}H^{16}O^4$.
— pélargonique	$C^{18}H^{18}O^4$.
— rutique ou caprique	$C^{20}H^{20}O^4$.
— laurique	$C^{24}H^{24}O^4$.
— cocinique (?)	$C^{26}H^{26}O^4$.
— myristique	$C^{28}H^{28}O^4$.
— palmitique	$C^{32}H^{32}O^4$.
— margarique	$C^{34}H^{34}O^4$.
— stéarique	$C^{36}H^{36}O^4$.
— cérotique	$C^{54}H^{54}O^4$.
— mélissique	$C^{60}H^{60}O^4$.

Les deux termes extrêmes de cette série présentent des différences très considérables dans leurs propriétés physiques et chimiques; par suite, leur rôle physiologique doit être aussi fort différent. Nous partagerons, pour cette raison, la série en deux groupes, ainsi qu'on le fait ordinairement en chimie générale: le premier comprendra les dix premiers acides, jusqu'à l'acide caprique inclusivement; le second, les dix autres. Cette division est d'ailleurs assez arbitraire. Les acides du premier groupe, que nous nommerons *acides gras volatils*, sont liquides à la température ordinaire, ou du moins fusibles au-dessous de 30°; leur odeur est en général pénétrante; ils distillent sans altération, se dissolvent plus ou moins bien dans l'eau et rougissent fortement les couleurs végétales. Les acides du second groupe, au contraire, sont solides; ils n'entrent en fusion qu'au-dessus de 30°; ne distillent que très difficilement dans un courant d'acide carbonique, sont insolubles dans l'eau, et n'ont qu'une action très faible sur les couleurs végétales.

9. *Acides gras volatils.* — L'histoire chimique de ces acides a été étudiée, pour la majeure partie, avec le plus grand soin. Nous nous bornerons à en rappeler les faits suivants.

Les sels des acides gras volatils sont généralement solubles dans l'eau, mais la solubilité diminue à mesure que le poids atomique de l'acide augmente; les sels de l'acide caprique sont donc les moins solubles du groupe.

D'un acide à l'autre, le point d'ébullition s'élève de 19° environ; à chacun de ces acides correspondent des composés moins oxygénés, appelés *aldéhydes;* si les

acides dérivent du type eau ou oxyde, les aldéhydes dérivent du type hydrogène. L'acide acétique, par exemple, représente l'oxyde d'acétyle et d'hydrogène; l'aldéhyde acétique constitue l'hydrure d'acétyle :

$$\text{Acide acétique....}\ C^4H^4O^4 = \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \end{matrix}\right\} O^2.$$

$$\text{Aldéhyde acétique.}\ C^4H^4O^2 = \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \end{matrix}\right\}$$

Les aldéhydes sont généralement liquides et plus volatils que les acides correspondants; ils s'oxydent aisément et se transforment en ces derniers.

Par la distillation sèche de certains sels des acides gras volatils, on obtient des isomères des aldéhydes : par exemple, le butyral $C^8H^8O^2$, le valéral $C^{10}H^{10}O^2$. Ce sont des liquides volatils, d'apparence huileuse, doués d'une odeur des plus piquantes; ils s'oxydent moins facilement que les aldéhydes proprement dits.

En soumettant à la distillation les sels terreux des mêmes acides, on obtient les *acétones*, autre classe de composés très volatils, incolores et inflammables. En distillant, par exemple, l'acétate de chaux, on obtient l'acétone acétique :

$$\underset{\text{Acétate de chaux.}}{2C^4H^3CaO^4} = \underset{\text{Carbonate de chaux.}}{2(CO^2, CaO)} + \underset{\text{Acétone acétique.}}{C^6H^6O^2}.$$

Les acétones dérivent du type hydrogène et constituent les éthers des aldéhydes :

$$\text{Acétone acétique ou acétylure de méthyle.}\ C^6H^6O^2 = \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ C^2H^3 \end{matrix}\right\}$$

Le chlore, le brome, l'iode, peuvent se substituer à certains atomes d'hydrogène des acides gras. C'est ainsi que l'acide butyrique donne les dérivés chlorés suivants :

$C^8H^6Cl^2O^4$, acide butyrique bichloré.
$C^8H^4Cl^4O^4$, acide butyrique quadrichloré.

Lorsqu'on fait agir l'ammoniaque sur les éthers des acides gras volatils, on obtient les *amides* correspondantes. L'ammoniaque et l'éther acétique, par exemple, donnent de l'acétamide et de l'alcool :

$$N\left\{\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right. + \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\}O^2 = N\left\{\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \\ H \end{matrix}\right. + \left.\begin{matrix} C^4H^3O^2 \\ H \end{matrix}\right\}O^2.$$

Ammoniaque. Éther acétique ou acétate d'éthyle. Acétamide. Alcool.

Les amides, comme on le voit, dérivent du type ammoniaque et représentent des azotures.

Les amides du groupe des acides gras volatils sont des substances incolores, solubles dans l'eau et l'alcool ; elles cristallisent facilement et se subliment sans altération ; elles n'ont aucune action sur les couleurs végétales.

Toutes les amides, traitées par des dissolutions alcalines ou des acides concentrés, dégagent de l'ammoniaque, tandis que l'acide correspondant se trouve régénéré. Sous l'influence de l'acide nitreux, l'acide correspondant à l'amide se reproduit aussi, en même temps que de l'azote et de l'eau se trouvent mis en liberté.

Traitées par le potassium, les amides des acides gras

volatils donnent du cyanure de potassium et un carbu d'hydrogène.

Enfin, lorsqu'on traite les amides par l'acide phosph rique anhydre, elles abandonnent deux molécules d'ea et se transforment en *nitriles*, qui ne sont autre cho que des éthers cyanhydriques. Ces corps constituent d liquides volatils, d'aspect huileux, moins solubles da l'eau que dans l'alcool et l'éther, sans action sur les co leurs végétales. Quand on les traite par des acides ou des alcalis énergiques, quatre atomes d'eau intervienne dans la réaction, il se dégage de l'ammoniaque, et l'aci correspondant au nitrile se trouve régénéré :

$$\underset{\text{Valéronitrile.}}{C^{10}H^{9}N} + 4HO = \underset{\text{Ammoniaque.}}{NH^{3}} + \underset{\text{Acide valérique.}}{C^{10}H^{10}O^{4}}.$$

Le potassium enlève du cyanogène en dégageant u hydrocarbure. On est d'autant plus fondé à considér les nitriles comme des cyanures que, par exemple, cyanure d'éthyle, préparé directement, présente tout les propriétés d'un nitrile, et se transforme, sous l'in fluence des alcalis caustiques, en acide propionique en ammoniaque :

$$\underset{\text{Cyanure d'éthyle.}}{C^{6}H^{5}N} + 4HO = NH^{3} + \underset{\text{Acide propionique.}}{C^{6}H^{6}O^{4}}.$$

L'acide cyanhydrique devient donc le nitrile de l'aci formique. On sait, d'ailleurs, qu'il se transforme aisém en acide formique et ammoniaque.

9°. Les acides gras volatils se rencontrent surtout da les sécrétions ; ils se trouvent aussi parmi les premie produits des fermentations. Ils existent en abondanc

à l'état de liberté, dans la sueur, et s'y reconnaissent aisément à leur odeur; dans l'urine et les excréments solides, au contraire, ils sont combinés avec les alcalis ou avec la chaux.

L'*acide formique* est le produit le plus abondant parmi les parties volatiles de la sueur. On n'a pu le découvrir dans le sang qu'après l'ingestion prolongée de matières sucrées. On n'en rencontre que de faibles proportions dans les liquides dont sont imprégnés les muscles et la rate.

L'*acide acétique* se trouve aussi d'une manière constante dans la sueur. On prétend l'avoir trouvé dans le sang, après l'ingestion de l'eau-de-vie, ainsi que chez les malades affectés de leucémie (maladie ordinairement accompagnée d'un gonflement de la rate). On l'a observé également, en petite quantité, dans les liquides extraits des muscles et de la rate. Quelquefois, pendant une digestion incomplète, les aliments contenus dans l'estomac éprouvent une fermentation acide, et alors les matières vomies contiennent aussi de l'acide acétique.

Il est à présumer que l'*acide propionique* accompagne les acides acétique et butyrique; toutefois on n'en a démontré la présence avec certitude dans aucune partie de l'organisme.

L'*acide butyrique* n'existe qu'en faible proportion dans la sueur, bien qu'elle en ait fréquemment l'odeur pénétrante. On n'a pas encore établi la présence des butyrates dans le sang, cependant elle paraît très probable. Les liquides extraits des muscles striés, des muscles lisses et de la rate, contiennent de petites quantités

d'acide butyrique. L'urine n'en renferme que rarement. Ce n'est que dans des circonstances anormales qu'on rencontre cet acide dans l'estomac, lorsque les matières contenues dans ce viscère sont entrées en fermentation; au contraire, on le trouve presque constamment dans le gros intestin, où le suc intestinal détermine ordinairement la fermentation butyrique des hydrates de carbone qui y parviennent.

On n'est pas encore certain de la présence des acides *caproïque*, *caprylique* et *caprique* dans la sueur; quelquefois, cependant, celle-ci présente l'odeur de ces acides. Il est à croire que les odeurs particulières qui se développent quand on traite par l'acide sulfurique le sang de certains animaux, proviennent de ces acides, et que ceux-ci préexistent dans le sang, engagés dans certaines combinaisons. Depuis longtemps on sait que le lait, outre de la margarine et de l'oléine, contient de la glycérine unie aux acides butyrique, caproïque, caprylique et caprique. La présence de ces acides dans le sang paraît donc très probable.

Les *acides œnanthylique* et *pélargonique* n'ont jamais été rencontrés tout formés dans l'économie. Ils ne se présentent que comme produits de décomposition de certaines substances azotées.

Les circonstances dans lesquelles apparaissent les acides gras volatils indiquent que ces corps ne jouent point un rôle très important dans l'organisme. Tantôt en effet, ils sont des produits accidentels de fermentations qui s'opèrent dans l'estomac ou dans les intestins tantôt ils présentent le caractère de véritables excrétions

et se trouvent alors principalement dans la sueur et dans l'urine. Les glandes sudoripares élaborant surtout des matières volatiles, presque tous ces acides se rencontrent dans la sueur ; destinés à être évacués, ils prennent naissance dans les métamorphoses qu'éprouvent les tissus et les humeurs, pendant l'accomplissement de leurs fonctions physiologiques. Dans l'état de santé, la sécrétion de ces produits est généralement moins abondante et ils éprouvent alors une oxydation plus complète, pour être expulsés sous forme d'eau et d'acide carbonique. Au contraire, les mêmes acides apparaissent dans les excrétions en quantité plus forte, lorsque l'action de l'oxygène sur le sang est entravée par une cause pathologique quelconque. Il est évident que toutes les circonstances qui s'opposent à leur sécrétion par le sang, produiront aussi un trouble dans l'économie, et détermineront des phénomènes pathologiques ; toutefois, il reste encore à trouver de quelle nature sont ces perturbations, et à décider si elles se confondent avec ce qu'on appelle les affections rhumatismales.

10. *Acides gras fixes.* — Ces acides, comme nous l'avons déjà fait observer, ne diffèrent des acides gras volatils que par quelques propriétés, et donnent très probablement naissance à des dérivés tout à fait analogues ; toutefois cette homologie entre les deux classes d'acides n'a encore été démontrée expérimentalement que pour un petit nombre d'acides gras fixes, par exemple, pour l'acide palmitique (cétylique). Mais si les acides gras fixes doivent à l'élévation du poids atomique de leurs radicaux hydrocarburés certaines propriétés

chimiques qui les distinguent des acides gras volatils, ils doivent aussi à cette richesse en hydrogène carboné un rôle physiologique bien différent de celui qu'exercent ces derniers.

On rencontre en petite quantité les *acides cocinique*, *myristique* et *palmitique* dans la graisse des animaux : les *acides margarique* et *stéarique* s'y trouvent, au contraire, en grande abondance. Rarement ces acides existent à l'état de liberté dans les humeurs; on n'a constaté leur présence que dans les liquides ayant éprouvé un certain degré de décomposition au sein ou en dehors de l'organisme, par exemple, dans le pus devenu acide au contact de l'air, ou provenant des abcès froids, des abcès par congestion, etc.

C'est là surtout qu'on observe des houppes composées d'aiguilles d'acide margarique. Parfois on trouve cet acide dans les humeurs de l'hydropisie enkystée; fréquemment aussi on l'observe à l'état de liberté dans les excréments solides.

Les acides gras fixes se rencontrent plus souvent en combinaison avec les alcalis; c'est sous cette forme qu'on les trouve dans le sang, le chyle, la salive, dans certaines sécrétions et surtout dans la bile et le pus.

11. Les acides gras fixes ont surtout de l'importance en physiologie, parce qu'ils entrent dans la composition des *matières grasses neutres*, où ils sont unis à une base organique non azotée, la glycérine. Mélangées avec une quantité plus ou moins considérable d'oléine (oléate de glycérine), ces combinaisons glycériques constituent la graisse des animaux (stéarine, palmitine, margarine).

tantôt déposée dans des cellules particulières, notamment dans le tissu conjonctif sous-cutané, tantôt suspendue, sous forme de gouttelettes, dans la plupart des liquides de l'économie, particulièrement dans le lait.

Les anatomistes distinguent, comme on sait, un tissu particulier, le tissu adipeux, où sont déposées des cellules graisseuses, ovales ou polyédriques. Ce tissu adipeux forme une partie intégrante de bien des organes; il n'en disparaît pas même d'une manière complète dans les maladies; on le rencontre constamment dans les orbites des yeux, entre les faisceaux fibreux du cœur et entre les muscles de la face. Il existe, au contraire, en quantités très variables dans le tissu conjonctif au-dessous du derme, dans celui qui enveloppe les muscles et sous la peau qui recouvre la plante des pieds et la paume de la main. Souvent les tendons sont entourés de petits sacs de graisse, qui font quelquefois saillie dans les articulations (glandes de Haver). On rencontre aussi des amas considérables de cellules graisseuses entre les feuillets du mésentère, autour des reins, et surtout dans les organes femelles de la lactation. Le tissu pulmonaire, le gland, le clitoris et le cerveau, renferment très peu de matières grasses et sont entièrement dépourvus de cellules graisseuses.

Dans les liquides de l'économie animale, on trouve aussi la graisse, sous forme de gouttelettes tantôt libres, tantôt renfermées dans des enveloppes particulières, comme dans le lait, où chaque gouttelette est entourée d'une membrane ténue; le jaune d'œuf la renferme également en partie dans des enveloppes membraneuses, ou en

suspension sous forme de gouttelettes ; il en est de même de la matière grasse contenue dans le chyle, surtout après une nourriture riche en principes gras, et jusqu'à un certain point de la matière grasse de la lymphe. Le sang, au contraire, contient plus de matières grasses saponifiées et dissoutes que de graisse libre. Dans des circonstances particulières seulement, la proportion de graisse non saponifiée augmente dans le sang, par exemple, peu de temps après l'ingestion d'une nourriture riche en principes gras ; pareille augmentation s'observe souvent chez les femmes enceintes, et surtout chez les ivrognes affectés de cirrhose du foie. Les excréments solides contiennent beaucoup de graisse libre, soit après l'ingestion d'un excès de matières grasses (surtout quand elle est suivie de diarrhée), soit par l'effet d'une obstruction du canal cholédoque, entravant l'arrivée de la bile dans l'intestin (par suite de crampes, catarrhe du duodénum, présence de calculs ou sécrétion insuffisante de la bile).

Plusieurs organes, tels que le foie, la rate et même les reins, contiennent, à l'état normal, des proportions plus ou moins grandes de graisse déposées à l'intérieur ou à l'extérieur des cellules dont ils sont formés ; mais, à l'état pathologique, surtout après des inflammations survenues dans les tissus de ces organes, des granules très fins de graisse viennent s'accumuler en partie dans l'intérieur des cellules, en partie au dehors. Cette dégénérescence graisseuse est considérée comme annonçant le terme de l'inflammation.

Des dépôts anormaux de graisse se forment également

dans les tumeurs enkystées, dans les lipomes et dans les tumeurs cancéreuses. Lorsqu'un vide s'est produit à la suite d'une perte de substance ou d'une résorption trop rapide, la graisse se dépose souvent à la place des tissus détruits : c'est ce qui arrive dans les paralysies des muscles et dans les raréfactions du tissu osseux.

12. Si l'on considère d'une manière générale la quantité de graisse qui existe dans le corps, on trouve qu'elle varie avec l'âge : presque nulle dans les premières périodes de la vie fœtale, elle est ordinairement très abondante mmédiatement après la naissance ; elle diminue de nouveau à l'approche de la puberté, augmente dans l'âge adulte, et éprouve une dernière et notable diminution dans la vieillesse. Le corps de la femme est en moyenne plus riche en graisse, et plus enclin aux dépôts graisseux que le corps de l'homme. L'excitation sexuelle, le déploiement de l'activité musculaire, le régime, le tempérament, la disposition morale, ont une grande influence sur le développement de l'embonpoint ; l'expérience de chaque jour nous l'apprend.

Il est hors de doute que les matières grasses des aliments sont l'origine principale de la graisse. Toutefois, des expériences comparatives faites avec le plus grand soin sur des animaux qui allaitaient ou sur d'autres qui avaient succombé à l'engraissement, ou enfin sur des abeilles nourries exclusivement de sucre, ont démontré que l'organisme animal est apte, comme l'organisme végétal, à produire de la graisse. Comme on a reconnu des cas où le corps renferme réellement une quantité de

graisse plus considérable que celle qui est contenue dai les aliments ingérés, il faut en conclure évidemment qu l'organisme possède la propriété de transformer en ma tières grasses, soit les hydrates de carbone, soit les sub stances albuminoïdes.

Ces deux modes de formation seront discutés plu loin; toutefois, il nous faut reconnaître ici déjà que, dai l'état actuel de la science, on ne sait pas encore d'apr quelle réaction, d'après quelle équation chimique, graisse dérive des hydrates de carbone ou des substanc albuminoïdes. On ignore donc, non-seulement sur que points la graisse prend naissance, mais encore si l'éc nomie use de son pouvoir de produire de la graisse, alo même que les aliments ingérés en contiennent une qua tité suffisante.

Les matières grasses ont une haute importance phy siologique, et nous y reviendrons avec plus de détai en nous occupant des transmutations qui s'accomplisse dans l'organisme. Quant à leurs fonctions, il suffit poi le moment de rappeler que les matières grasses so accumulées surtout dans les parties exposées à des cho ou à des pressions; elles y font l'office d'une sorte matelas destiné à amortir autant que possible ces actio extérieures; aussi les voit-on apparaître non-seuleme sous la plante des pieds, dans la paume de la main, da la tubérosité ischiatique, mais encore entre les os, da les cavités des articulations, où elles sont renfermé dans des sacs particuliers.

La graisse remplit en outre les intervalles qui existe entre les muscles et d'autres organes, afin de permett

à ceux-ci une plus grande liberté de mouvements; de là son accumulation dans l'épiploon, dans la cavité orbitaire et entre les muscles du cœur. Que des organes tels que les os, notamment après la raréfaction de leur tissu, soient rendus moins fragiles et en quelque sorte plus malléables par la présence d'une certaine quantité de graisse, c'est ce qu'il est à peine nécessaire de faire ressortir.

La graisse est un mauvais conducteur de la chaleur; elle est déposée en proportion plus ou moins grande dans le tissu cellulaire situé sous la peau, afin de diminuer autant que possible la quantité de chaleur que rayonne le corps. Les variations notables de la température extérieure exerceraient sur les fonctions de la vie une influence bien plus prompte et plus pernicieuse, si le corps n'était en quelque sorte garanti contre leurs effets par le panicule adipeux de la peau. Le grand épiploon, si abondamment pourvu de graisse, est un puissant auxiliaire du travail digestif, parce qu'il forme autour des intestins une sorte de couverture qui empêche la déperdition de la chaleur nécessaire à la digestion.

Les graisses contribuent, plus que toute autre substance, à produire et à conserver la chaleur animale. Par leur oxydation lente ou rapide elles développent nécessairement une quantité considérable de chaleur; elles ne renferment que peu d'oxygène; il faut donc que l'oxygène gazeux introduit dans l'économie par la respiration soit presque exclusivement employé à brûler les matières grasses, car au lieu d'être évacuées sous leur forme première, elles sont presque toujours

rejetées à l'état d'acide carbonique et d'eau, c'est-à-dire après avoir été complétement brûlées.

En général, les graisses sont des médiateurs importants pour les métamorphoses qui s'opèrent dans l'économie. La fermentation lactique ne peut s'effectuer rapidement qu'avec le concours d'une petite quantité au moins de matières grasses; il paraît aussi, d'après quelques expériences, que les graisses ne sont pas sans influence sur la digestion stomacale. Leur présence dans l'œuf, dans le pus, dans toutes les exsudations plastiques, dans tous les organes riches en tissu cellulaire, indique visiblement que ces substances interviennent dans la formation des cellules; jusqu'ici, du moins, on n'a observé aucune cellule animale, aucun centre de formation cellulaire, qui ne contînt des quantités appréciables de graisse. La graisse, sous forme de granules ou de vésicules, est-elle réellement la première ébauche de la cellule, ainsi qu'on l'a pensé? c'est là une hypothèse qu'il convient d'ajourner encore.

Enfin, il est nécessaire de rappeler qu'une partie de la graisse contribue à la formation de l'acide résineux de la bile (acide cholique). Des analyses comparatives faites avec soin sur le sang de la veine porte et sur celui de la veine hépatique, des expériences exécutées sur des animaux pourvus de fistules à la vésicule du fiel, l'examen des quantités d'acide carbonique exhalées par des animaux morts d'inanition, tous ces faits, joints à certaines observations pathologiques, rendent fort probable que la formation de la bile est impossible sans le concours de la graisse. La constitution chimique de l'acide cholique et

la nature de ses transformations appuient cette hypothèse plutôt qu'elles ne la combattent.

13. *Groupe de l'acide oxalique*, $C^{2n}H^{2n-2}O^8$. — Ce groupe comprend des acides organiques bibasiques, homologues de l'acide oxalique :

Acide oxalique....	$C^4H^2O^8$,
— succinique ..	$C^8H^6O^8$,
— adipique....	$C^{12}H^{10}O^8$,
— pimélique...	$C^{14}H^{12}O^8$,
— subérique...	$C^{16}H^{14}O^8$,
— sébacique...	$C^{20}H^{18}O^8$.

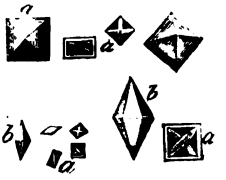
Ces acides se produisent artificiellement par l'oxydation de certaines matières organiques, notamment des matières grasses. On les obtient surtout en traitant ces dernières par l'acide nitrique.

Ils cristallisent aisément, sont inodores, fusibles au delà de 100°, se subliment sans altération, se dissolvent dans l'eau, l'alcool et l'éther (leur solubilité diminue à mesure que leur poids atomique augmente) ; ils rougissent le tournesol ; traités par la potasse en fusion, ils donnent des acides gras volatils.

14. On n'a encore rencontré dans l'organisme que l'acide oxalique et l'acide succinique. L'acide sébacique se produit par la distillation sèche de l'acide oléique et de l'oléine.

L'*acide oxalique* ne se trouve dans l'économie qu'à l'état d'oxalate de chaux insoluble. Ce sel, examiné au microscope (fig. 1), se présente ordinairement sous la forme d'octaèdres. On n'en constate la présence dans les excréments solides, que lorsque ceux-ci proviennent

de plantes qui contenaient des oxalates; mais il pa



a Octaèdres à base carrée, disp
de manière à simuler des envelo
de lettres. C'est la forme la plus
dinaire de l'oxalate de chaux.
b Octaèdres plus aigus de 16°

Fig. 1. Acide oxalique.

constituer un principe essentiel de l'urine; ses prop
tions, dans ce liquide, augmentent par l'usage d'alim
végétaux, lors même que ceux-ci ne renferment p
d'oxalates; c'est du moins ce que semble prouver l'ab
dance de l'oxalate de chaux dans l'urine des her
vores (chevaux, bestiaux). Généralement on remar
une sécrétion considérable de ce sel à la suite d'un re
copieux, composé de substances animales, ou après
légers excès. Mais cette augmentation se manifeste surt
après l'ingestion de boissons renfermant de l'acide car
nique, des bicarbonates alcalins, des sels organiques,
un mot, des substances capables de surcharger le s
d'acide carbonique. On peut donc s'attendre à un accr
sement de l'oxalate de chaux dans les urines, par l'e
de certaines perturbations survenues dans l'appa
respiratoire, de l'accumulation de l'acide carboni
dans le sang, et, en général, d'un trouble quelcon
des fonctions de nutrition, comme il arrive surtout d
les emphysèmes pulmonaires, dans les maladies du cœ
dans les spasmes de l'épilepsie, dans la convalesce
après le typhus, etc.

Il est à noter que l'acide oxalique, dans la fermentation acide de l'urine, se produit toujours en même temps qu'un autre acide, et se combine ensuite avec la chaux des sels calcaires qui l'accompagnent. L'urine récente est souvent entièrement dépourvue d'acide oxalique, et l'oxalate de chaux n'apparaît qu'après que la fermentation acide s'est établie, et que de petits cristaux d'acide urique libre se sont déposés. Quelquefois cette fermentation s'effectue déjà dans la vessie; elle détermine alors la formation des calculs muraux, composés essentiellement d'oxalate de chaux. Dans la plupart des cas, ces concrétions calcaires doivent être attribuées à la fermentation des urines plutôt qu'à une sécrétion d'acide oxalique ayant son siége dans les reins.

L'*acide succinique* n'a été trouvé qu'une seule fois dans le contenu liquide des hydatides. Il est probable qu'il existe encore ailleurs en petite quantité.

15. *Groupe de l'acide oléique*, $C^{2n}H^{2n-2}O^4$. — Ce groupe comprend des acides organiques monobasiques, homologues de l'acide oléique :

Acide acrylique...	$C^6H^4O^4$,
— angélique...	$C^{10}H^8O^4$,
— oléique.....	$C^{36}H^{34}O^4$.

On remarque qu'il manque encore dans ce groupe un grand nombre de termes. Peut-être pourrait-on y ranger deux acides volatils (acide damolique et damalurique) qu'on a récemment extraits de l'urine de vache, ainsi que deux acides fixes (acide érucique et cachalotique) qui sont contenus dans la graine de

moutarde et dans l'huile du cachalot à bec (*Balæna rostrata*).

Les propriétés physiques des acides de ce groupe sont sensiblement les mêmes que celles des acides gras; on y remarque surtout le même décroissement dans la volatilité et dans la solubilité à mesure que le poids atomique des termes augmente; sous ce rapport, l'acide acrylique se rapproche de l'acide acétique, l'acide oléique de l'acide stéarique.

Traités par l'hydrate de potasse ou par d'autres agents d'oxydation, les trois acides du groupe se dédoublent chacun en deux acides de la série des acides gras; ainsi

L'acide acrylique donne de l'acide formique et de l'acide acétique,
— angélique donne de l'acide propionique et de l'acide acétique,
— oléique donne de l'acide palmitique et de l'acide acétique.

16. L'*acide acrylique* est un produit d'oxydation de la glycérine. L'*acide angélique* se rencontre dans la racine de plusieurs espèces d'angélique et probablement encore dans d'autres ombellifères; il se produit aussi par l'action de la potasse sur l'essence de camomille. L'acide oléique seul se trouve dans l'organisme animal.

L'*acide oléique* est partout associé aux acides margarique et stéarique; on le trouve combiné avec les alcalis dans le sang et la bile; à l'état libre dans le pus devenu acide; sous forme de combinaison glycérique (oléine) dans le tissu adipeux et dans toutes les parties du corps contenant de la graisse.

Les matières grasses animales sont en général moins

riches en oléine que les matières grasses végétales. On ne saurait décider encore si l'acide oléique de ces dernières se transforme en partie, dans le corps des animaux, en acide margarique, ou bien s'il disparaît de l'économie plus rapidement que l'acide margarique dans la transmutation des tissus. Du reste, la margarine et l'oléine ne sont point mélangées en proportions constantes dans les diverses parties du corps : tantôt l'une prédomine, tantôt l'autre. Le pannicule adipeux des reins, par exemple, renferme plus de margarine et de stéarine ; la moelle des os, au contraire, contient bien plus d'oléine, etc. En général, le rôle de l'oléine semble être analogue à celui des autres matières grasses neutres.

17. *Groupe de l'acide benzoïque*, $C^{2n}H^{2n-8}O^4$. — Ce groupe comprend les acides suivants :

Acide benzoïque...	$C^{14}H^6O^4$,
— toluique....	$C^{16}H^8O^4$,
— cuminique..	$C^{20}H^{12}O^4$.

Bien que l'*acide cinnamique*, $C^{18}H^8O^4$, renferme deux atomes d'hydrogène de moins que n'exige la formule générale des acides de ce groupe, il convient néanmoins de l'y rattacher, parce qu'il s'en rapproche par ses propriétés chimiques et physiologiques.

Tous ces acides, ainsi que leurs sels, sont solides ; ils cristallisent en lames ou en aiguilles, sont sans odeur et fusibles ; ils se subliment sans altération, se dissolvent bien plus aisément dans l'eau chaude que dans l'eau froide, sont très solubles dans l'alcool, moins solubles dans l'éther, et rougissent le tournesol.

D'autres acides, fort semblables aux précédents, renferment 2 atomes d'oxygène de plus :

Acide salicylique. $C^{14}H^{6}O^{6}$, correspondant à l'acide benzoïque,
— anisique... $C^{16}H^{8}O^{6}$, correspondant à l'acide toluique,
— coumarique $C^{18}H^{8}O^{6}$, correspondant à l'acide cinnamique.

On trouve dans le règne végétal des substances huileuses volatiles, tantôt neutres, tantôt douées de propriétés acides ou basiques plus ou moins tranchées ; ces substances, qui représentent les aldéhydes des acides précédents, renferment 2 atomes d'oxygène de moins :

Hydrure de benzoïle. . $C^{14}H^{6}O^{2}$, correspondant à l'ac. benzoïque,
— salicyle. . . $C^{14}H^{6}O^{4}$, correspondant à l'ac. salicylique,
— cinnamyle. $C^{18}H^{8}O^{2}$, correspondant à l'ac. cinnamique,
— cumyle... $C^{20}H^{12}O^{2}$, correspondant à l'ac. cuminique.

Aux composés précédents se rattache aussi la coumarine $C^{18}H^{6}O^{4}$, qui renferme 2 atomes d'eau de moins que l'acide coumarique.

L'acide benzoïque et l'acide salicylique méritent seuls d'être mentionnés sous le rapport physiologique.

18. L'*acide benzoïque* ne se rencontre dans l'urine, émise par un régime végétal, que comme produit de décomposition de l'acide hippurique ; l'urine récente ne renferme jamais d'acide benzoïque.

L'ingestion de l'acide benzoïque fait toujours passer dans l'urine des quantités considérables d'acide hippurique; la sueur aussi renferme alors de l'acide benzoïque, non sous forme de combinaison azotée, mais à l'état libre.

L'*acide salicylique* ne se rencontre que dans l'urine,

après l'ingestion de salicine; l'*hydrure de salicyle* l'y accompagne. On le trouve aussi dans le castoréum; il y doit son origine à l'écorce de saule dont les castors font une grande consommation; sans doute le trouverait-on, avec l'hydrure de salicyle, dans l'urine de ces animaux.

19. *Groupe de l'acide lactique*, $C^{4n}H^{4n}O^{12}$. — Les acides suivants font partie de ce groupe :

Acide glycollique..	$C^8H^8O^{12}$,
— lactique....	$C^{12}H^{12}O^{12}$,
— leucique....	$C^{20}H^{20}O^{12}$.

Desséchés aussi complétement que possible, ces corps sont des liquides d'un aspect huileux, d'une saveur fort acide, sans odeur, solubles presque en toutes proportions dans l'eau, l'alcool et l'éther; ils rougissent fortement le tournesol, se décomposent par la chaleur, et forment avec les bases des sels solubles, souvent bien cristallisés.

Les acides de ce groupe se rattachent, par certaines métamorphoses, aux acides gras volatils ou plutôt aux aldéhydes correspondants. Ainsi, plusieurs sels de l'acide lactique dégagent, par la distillation, de l'aldéhyde acétique. D'un autre côté, l'aldéhyde acétique peut de nouveau être transformé en acide lactique; en effet, lorsqu'on traite l'aldéhydate d'ammoniaque par l'acide cyanhydrique, en présence d'autres acides, il se produit de l'alanine, alcali homologue du sucre de gélatine,

$$\underset{\text{Aldéhydate d'ammoniaque.}}{C^4H^4O^2,NH^3} + \underset{\text{Acide cyanhydrique.}}{C^2HN} + 2HO + HCl = \underset{\text{Alanine.}}{C^6H^7NO^4} + \underset{\text{Chlorhydrate d'ammon.}}{HCl,NH^3}.$$

et cette alanine se transforme en acide lactique, sous l'influence de l'acide nitreux :

$$\underset{\text{Alanine.}}{2C^6H^7NO^4} + 2NO^3 = \underset{\text{Acide lactique.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} + 4N + 2HO.$$

20. L'*acide glycollique* et l'*acide leucique* n'ont jamais été rencontrés tout formés dans l'organisme; l'acide glycollique ne présente un intérêt physiologique que parce qu'il dérive du sucre de gélatine (glycocolle), qui est lui-même un produit de la métamorphose de l'acide hippurique, ce principe constant de l'urine des herbivores.

L'*acide lactique* se trouve fréquemment dans le suc gastrique, cependant il s'en faut de beaucoup que sa présence y soit constante. L'acide chlorhydrique l'y accompagne.

La réaction acide que présentent les matières renfermées dans le duodénum et le jéjunum, principalement après l'ingestion d'une nourriture végétale, tient surtout à la présence de l'acide lactique ; on trouve souvent du lactate de chaux dans le duodénum des herbivores. Les matières contenues dans le gros intestin, qui ont une réaction acide si énergique après l'ingestion de fécule ou de sucre, la doivent également à l'acide lactique produit par la fermentation, ainsi qu'à l'acide butyrique qui se développe aussi dans les mêmes conditions, comme nous l'avons déjà dit.

On constate encore la présence de l'acide lactique dans le chyle du canal thoracique des chevaux nourris d'avoine et de fécule ; quelques observations rendent aussi probable l'existence de cet acide dans la lymphe.

L'acide lactique ne se rencontre pas dans le sang à l'état normal ; lorsqu'il y est introduit par l'intestin ou par un autre organe, il y subit une rapide oxydation et s'y brûle entièrement. Des lactates alcalins, injectés dans le sang, disparaissent rapidement et se retrouvent dans les urines à l'état de carbonates.

Quelquefois l'acide lactique apparaît dans les exsudations purulentes, ayant séjourné pendant longtemps dans la cavité d'un abcès.

Il n'existe pas dans le lait sain ; mais il s'y développe au bout de peu de temps par la fermentation, aux dépens du sucre de lait.

Les sucs des muscles striés et des muscles lisses en contiennent des proportions assez considérables.

Le liquide acide de la rate renferme aussi de l'acide lactique et des lactates alcalins.

Cet acide se rencontre parfois dans l'urine, mais il ne s'y trouve pas d'une manière constante ; il n'y apparaît que dans le cas où il n'a pas éprouvé une oxydation complète dans le sang ; c'est pourquoi on le trouve dans l'urine des animaux qui ont fait un long séjour à l'écurie, après avoir pris des aliments riches en fécule ; il s'observe aussi lorsque la respiration est troublée par des emphysèmes ou par la formation de tubercules pulmonaires. Très souvent, enfin, son apparition dans l'urine n'est due qu'à une fermentation acide de ce liquide.

Les circonstances dans lesquelles se produit l'acide lactique permettent de conclure que ce corps a une double origine dans l'organisme : tout d'abord il résulte de la fermentation des matières amylacées, mais il pro-

vient sans doute aussi de la transformation de la fibre musculaire, puisqu'il se trouve dans les muscles en quantité d'autant plus abondante que ceux-ci ont fonctionné d'une manière plus active.

Il ne faudrait pas se faire une idée trop restreinte du rôle physiologique de l'acide lactique. D'abord c'est lui qui, concurremment avec l'acide chlorhydrique libre, forme l'agent digestif du suc gastrique; aucun acide minéral ou organique ne pourrait y remplacer ces deux acides. En second lieu, l'acide lactique libre facilite au plus haut degré, d'après les lois de l'endosmose, l'absorption des aliments digérés et leur passage dans le sang alcalin ou la lymphe. Troisièmement, par la facile combustion des sels qu'il forme, il contribue puissamment à l'entretien de la chaleur animale. Enfin, peut-être son acidité détermine-t-elle dans les muscles, vis-à-vis du sang alcalin, une tension électrique qui peu influer sur le jeu même de ces muscles.

21. *Acides conjugués non azotés.* — Nous comprenon sous ce titre plusieurs corps qui, sans former un group nettement circonscrit, caractérisé par des propriété communes, semblent contenir des radicaux conjugués

Acide benzoglycollique.. $C^{18}H^{8}O^{8}$,
— lithofellique..... $C^{40}H^{36}O^{8}$,
— cholalique..... $C^{48}H^{40}O^{10}$.

L'*acide benzoglycollique* est remarquable en ce que s solution aqueuse se décompose aisément par la chaleu en acide benzoïque et en acide glycollique (19). Il n' jamais été trouvé tout formé dans l'organisme; il n'

d'intérêt en chimie animale que comme produit de décomposition de l'acide hippurique par le bioxyde d'azote.

L'*acide lithofellique*, substance résinoïde et cristalline, n'a été rencontré que dans certaines concrétions ou *bézoards*, qu'on observe quelquefois dans les intestins de diverses espèces de chèvres. On ignore si cet acide provient des aliments, ou s'il n'est pas plutôt une sécrétion du foie ou du canal intestinal.

L'*acide cholalique* (qui perd si aisément les éléments de l'eau, sous l'influence de la chaleur ou des acides, pour se transformer en *acide choloïdique* et en *dyslysine*), dérive directement des acides (cholique et taurocholique) qui, en combinaison avec la soude, constituent la bile. Ces acides, dans certaines circonstances anormales, passent aussi dans le sang et dans d'autres liquides. Sous l'influence de certains réactifs, ils se transforment en acide cholalique et en taurine ou en sucre de gélatine. Une semblable transformation s'effectue quelquefois dans l'organisme, par exemple, dans le canal intestinal, où l'on rencontre de l'acide choloïdique et de la dyslysine, dérivés directs de l'acide cholalique. A l'état normal, les excréments renferment de très faibles proportions d'acide cholalique; ce n'est que pendant les diarrhées qu'ils en contiennent des quantités plus considérables.

Il est probable que les acides de la bile prennent naissance uniquement dans le foie, mais on ne sait au juste quelles matières servent à les former. La sécrétion biliaire se faisant surtout aux dépens des matières grasses, comme le démontrent les analyses comparatives du sang

qui pénètre dans le foie et du sang qui en sort, ainsi que les expériences statistiques faites sur des animaux vivants, on est naturellement conduit à supposer que l'acide cholalique résulte de la combinaison de l'acide oléique avec un hydrate de carbone :

$$\underset{\text{Acide cholalique.}}{C^{48}H^{40}O^{10}} = \underset{\text{Acide oléique.}}{C^{36}H^{31}O^{4}} + \underset{\text{Hydrate de carbone.}}{C^{12}H^{5}O^{6}}.$$

Cette opinion présente d'autant plus de vraisemblance qu'on a parfaitement constaté dans le foie la formation du sucre, c'est-à-dire d'un hydrate de carbone. La nature des produits de décomposition de l'acide cholalique vient encore à l'appui ; en effet, traité par l'acide nitrique fumant, l'acide cholalique fournit les mêmes produits que l'acide oléique, ainsi que de l'acide cholestérique, $C^{8}H^{4}O^{4}$, composé renfermant l'hydrogène et l'oxygène dans les proportions de l'eau.

Acides organiques azotés.

22. Les acides azotés suivants paraissent contenir des radicaux conjugués :

Acide hippurique...	$C^{18}H^{9}NO^{5}$,
— cholique.....	$C^{52}H^{43}NO^{12}$,
— hyocholique..	$C^{54}H^{43}NO^{10}$,
— taurocholique.	$C^{52}H^{45}NO^{14}S^{2}$.

Les métamorphoses que ces acides subissent sous l'influence des réactifs, indiquent que leur constitution chimique n'est pas aussi simple que celle des acides gras ou des autres acides non azotés.

En effet, l'acide hippurique se dédouble, par l'action des acides minéraux puissants, en acide benzoïque et en sucre de gélatine :

$$\underset{\text{Acide hippurique.}}{C^{18}H^{9}NO^{6}} + 2HO = \underset{\text{Acide benzoïque.}}{C^{14}H^{6}O^{4}} + \underset{\text{Sucre de gélatine.}}{C^{4}H^{5}NO^{4}}.$$

De même, sous l'influence de l'acide nitreux, l'acide hippurique se convertit en acide benzoglycollique (21) :

$$\underset{\text{Acide hippurique.}}{2C^{18}H^{9}NO^{6}} + 2NO^{3} = \underset{\text{Acide glycollique.}}{2C^{18}H^{8}O^{8}} + 4N + 2HO.$$

Cette réaction est semblable à celle en vertu de laquelle l'asparagine et l'acide aspartique se convertissent en acide malique.

On est parvenu à produire artificiellement l'acide hippurique en mettant en digestion, avec du chlorure de benzoïle, la combinaison du sucre de gélatine avec l'oxyde de zinc. L'acide cholique et l'acide hyocholique donnent aussi du sucre de gélatine, sous l'influence des acides et des alcalis; mais on ignore s'ils présentent avec l'acide nitreux la même réaction que l'acide hippurique.

L'acide taurocholique se dédouble par l'action des acides, en acide cholalique (21) et en taurine (28) :

$$\underset{\text{Acide taurocholique.}}{C^{52}H^{45}NO^{14}S^{2}} + 2HO = \underset{\text{Acide cholalique.}}{C^{48}H^{40}O^{10}} + \underset{\text{Taurine.}}{C^{4}H^{7}NO^{6}S^{2}}.$$

Aux acides azotés que nous venons de mentionner, il faut encore ajouter les suivants :

Acide inosique....	$C^{10}H^{6}N^{2}O^{10}$?
— pneumique..	?
— urique.....	$C^{10}H^{4}N^{4}O^{6}$.

L'acide urique, l'un des corps les plus importants de la chimie animale, présente, sous le rapport de la composition et des propriétés, des rapports intimes avec deux substances neutres, l'hypoxanthine et la xanthine :

Hypoxanthine... $C^{10}H^4N^4O^2$,
Xanthine..... $C^{10}H^4N^4O^4$.

On remarque que la composition de ces substances ne diffère que par de l'oxygène de la composition de l'acide urique.

La xanthine semble être une homologue de deux substances végétales, la théobromine et la caféine (ou théine); en effet, celles-ci ne diffèrent que par $C^{2n}H^{2n}$:

Xanthine.... $C^{10}H^4N^4O^4$,
Théobromine. $C^{14}H^8N^4O^4$,
Caféine..... $C^{16}H^{10}N^4O^4$.

On a trouvé, d'ailleurs, que la caféine et la théobromine donnent par l'oxydation des composés homologues de ceux qu'on obtient avec l'acide urique, dans les mêmes circonstances.

Fig. 2. Acide hippurique.

23. L'*acide hippurique* (fig. 2), existe en abondance dans l'urine des mammifères herbivores ; l'urine de certains

amphibies, de la tortue grecque, par exemple, en renferme également. Enfin il se rencontre constamment dans l'urine humaine après une alimentation végétale ou mixte. Les observations ne sont pas encore assez nombreuses pour permettre de décider si les proportions de l'acide hippurique augmentent ou diminuent dans les maladies.

On a aussi constaté dans le sang, d'une manière certaine, la présence de petites quantités d'acide hippurique.

On ne saurait indiquer les substances qui contribuent principalement à la formation de cet acide, ni les parties de l'organisme où elle s'opère. On connaît, il est vrai, la constitution de l'acide hippurique ; on sait que l'acide benzoïque, directement ingéré, se convertit en acide hippurique au sein de l'organisme, et que la sueur renferme alors de l'acide benzoïque libre ; mais ces données ne suffisent pas pour éclairer la question.

L'*acide cholique* a été principalement trouvé dans le fiel de bœuf, et aussi, ordinairement en proportions bien moindres, dans la bile de plusieurs autres animaux. Il subit une décomposition rapide dans l'intestin. Sans doute il ne se forme que dans le foie, et contribue pour sa part aux fonctions dont cet organe est chargé, c'est-à-dire à la résorption des matières grasses.

L'*acide hyocholique* tient, dans la bile de porc, la place de l'acide cholique.

L'*acide taurocholique* existe dans la bile de l'homme, du bœuf, et sans doute aussi du renard, de l'ours, du mouton, du chien, du loup, de la chèvre, de quelques oiseaux et des poissons d'eau douce. Dans la bile du boa

anaconda, il paraît n'être accompagné d'aucun acide résineux non sulfuré.

On rencontre toujours l'acide taurocholique dans le sang, dans les transsudations et dans l'urine, à la suite de quelque perturbation de la sécrétion biliaire.

Cet acide se décompose très rapidement dans l'intestin; aussi y trouve-t-on de la taurine libre, de l'acide choloïdique, etc.

Il est à peu près certain que l'acide taurocholique ne se forme que dans le foie; en traitant de la bile nous examinerons de plus près le rôle qu'il joue comme agent de résorption des matières grasses.

L'*acide inosique*, trouvé seulement dans les liquides musculaires, et l'*acide pneumique*, qui ne paraît exister que dans le liquide dont le poumon est imprégné, sont trop peu connus pour qu'il soit permis de hasarder une opinion sur leur origine ou sur la nature de leurs fonctions.

L'*hypoxanthine* a été d'abord découverte dans la rate, et plus tard dans le liquide des muscles du cœur de bœuf. Elle existe cependant aussi en faible quantité dans le sang, où ses proportions s'accroissent considérablement pendant certaines maladies de la rate, nommées leucémies. Les rapports qui existent entre cette substance et l'acide urique démontrent qu'elle est un produit de métamorphose, destiné à être évacué.

La *xanthine* a été trouvée, bien que rarement, dans certains calculs urinaires. On ignore absolument les conditions nécessaires à sa production et le rôle qu'elle joue dans la formation de ces calculs.

24. L'*acide urique* est un élément constant de l'urine humaine, qui en renferme moyennement 0,1 pour 100. Il est moins abondant dans l'urine des carnivores, et manque complétement dans celle des omnivores et des herbivores. Toutefois on le trouve aussi dans l'urine des veaux pendant la période de l'allaitement. L'urine des oiseaux et des serpents est presque exclusivement composée d'urates. Enfin on a démontré la présence de l'acide urique dans l'urine des tortues, dans les excréments rouges des papillons, des coléoptères et des chenilles ; il est accumulé en grande quantité dans les vaisseaux biliaires de ces animaux.

La proportion d'acide urique contenue dans une même quantité d'urine humaine doit évidemment varier avec le degré de concentration de celle-ci ; aussi l'urine très concentrée que l'on évacue le matin en renferme-t-elle jusqu'à 0,8 pour 100, bien que la production absolue de cet acide ne soit pas augmentée.

Le chiffre absolu de l'acide urique varie peu chez l'homme avec la nature du régime alimentaire. Il augmente lorsque la digestion est troublée, notamment après l'ingestion de mets indigestes, de spiritueux, et dans toutes les maladies accompagnées d'une forte fièvre. Dans ces divers cas, les urines, en se refroidissant, déposent un sédiment grenu et amorphe d'urate de soude, que l'on reconnaît à sa grande solubilité dans l'eau chaude. C'est surtout lorsqu'il survient un trouble dans les fonctions de la respiration ou de la circulation que l'on observe cette augmentation, ainsi que la formation du sédiment urique (qui provient quelquefois unique-

ment d'une plus grande concentration des urines), par exemple, dans les emphysèmes pulmonaires, les maladies du cœur, du foie, etc. Dans les arthrites aiguës, le chiffre de l'acide urique augmente avant le délire; mais il diminue dès que ce dernier état est déclaré, ou que l'arthrite est devenue chronique.

L'acide urique libre (fig. 3), ne se rencontre que rare-

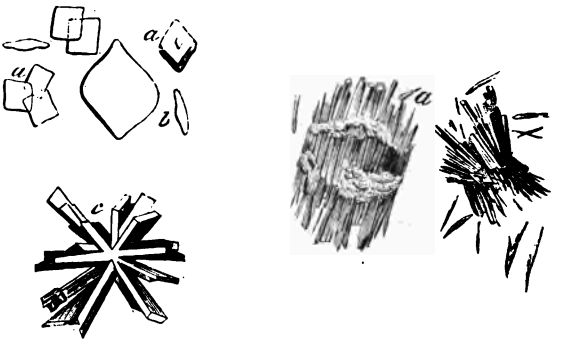


Fig. 3. Acide urique.

ment dans l'urine récente; celle qui est évacuée pendant la fièvre a la propriété remarquable de déposer des cristaux d'acide urique et de se transformer à l'air en urine normale.

L'*urate d'ammoniaque* (fig. 4) ne se développe dans la fermentation de l'urine que lorsqu'elle est alcaline; cette fermentation ne se produit ordinairement qu'en dehors de l'économie; cependant dans les catarrhes chroniques de la vessie, l'urine devient alcaline déjà à l'intérieur de la vessie et laisse, immédiatement après sa sortie, dé-

poser de l'urate d'ammoniaque en globules d'un brun noirâtre, hérissés de fines aiguilles.

Le sang ne renferme que de très faibles quantités d'acide urique; il paraît que ces quantités augmentent

Fig. 4. Urate d'ammoniaque.

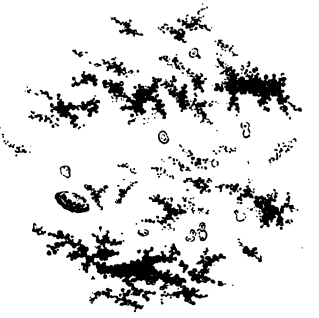


Fig. 5. Urate de soude.

pendant les arthrites et pendant la maladie de Bright.

Le liquide de la rate en renferme constamment.

Les tophus arthritiques contiennent de l'*urate de soude* (fig. 5).

La sueur des goutteux paraît contenir aussi de l'acide urique.

L'acide urique, comme l'urée, est un produit destiné à être évacué. Il présente avec l'urée une liaison intime; une grande partie de cette dernière, notamment celle qui se trouve dans le sang, paraît, en effet, être formée aux dépens de l'acide urique; ce fait semble résulter de ce que l'acide urique introduit dans l'économie ne se retrouve plus dans l'urine sous sa forme primitive, mais bien sous celle d'urée. L'acide urique subit dans l'orga-

nisme la transformation que lui fait éprouver le peroxyde de plomb. D'autre part, l'urine riche en acide urique contient peu d'urée. C'est pourquoi aussi nous voyons la quantité d'acide urique augmenter quand il survient un trouble dans les fonctions de la respiration ou de la circulation.

Bases organiques azotées et corps analogues.

25. Ainsi que nous l'avons fait observer plus haut, l'ammoniaque peut être regardée comme le type d'un grand nombre de substances azotées, qui en dérivent par la substitution d'éléments composés ou radicaux, à la place d'une partie ou de la totalité de son hydrogène. Certaines substances volatiles franchement basiques, résultent du remplacement d'un ou de plusieurs atomes d'hydrogène de l'ammoniaque par des hydrocarbures, tels que le méthyle, l'éthyle, le phényle, etc. La plupart des alcalis volatils non oxygénés offrent ce genre de constitution. D'un autre côté, beaucoup d'amides neutres aux papiers, ou légèrement acides, représentent de l'ammoniaque dans laquelle l'hydrogène est en partie remplacé par des radicaux oxygénés (9).

Cette théorie n'est cependant pas applicable à tous les corps azotés, neutres ou basiques. En effet, la lactamide, l'alanine et la sarcosine, par exemple, sont parfaitement isomères et s'expriment par la formule $C^6H^7NO^4$: si dans chacune d'elles 1 atome d'hydrogène était remplacé par le groupement $C^6H^5O^4$, ces substances ne pourraient évidemment présenter les différences qu'on

observe entre elles. D'ailleurs, certains alcalis organiques renferment plus de 1 atome d'azote, et peuvent, par conséquent, contenir cet élément sous une forme autre que celle de l'ammoniaque. Comme on a produit artificiellement des alcalis renfermant du cyanogène C^2N, il est fort possible que certaines substances azotées contiennent l'azote sous cette dernière forme.

26. Jusqu'ici aucun alcali volatil n'a été trouvé tout formé dans l'organisme.

La *triméthylamine* C^6H^9N, qui est un corps de cette espèce, ne se rencontre que comme produit de décomposition spontanée ou artificielle, par exemple, dans la saumure de harengs, dans l'urine putréfiée, dans les préparations anatomiques à l'alcool, etc. La *tétrylamine* (butylamine ou pétinine) $C^8H^{11}N$, la *pyridine* $C^{10}H^5N$, la *phénylamine* ou *aniline*, et la *picoline* $C^{12}H^7N$, qui lui est isomère, la *lutidine* $C^{14}H^9N$, ne se produisent que par la distillation sèche de certaines matières animales.

27. Parmi les substances azotées contenant de l'oxygène, nous devons signaler un groupe de bases cristallines homologues $C^{2n}H^{2n+1}NO^4$:

Glycocolle ou sucre de gélatine.	$C^4H^5NO^4$,
Sarcosine.....	$C^6H^7NO^4$,
Leucine.....	$C^{12}H^{13}NO^4$.

L'acide nitreux les transforme en acides du groupe lactique ; le glycocolle, par exemple, donne de l'acide glycollique (19).

Les alcalis concentrés dégagent des mêmes bases de

l'hydrogène, avec production d'ammoniaque, d'acide carbonique et d'un acide gras volatil. Le glycocolle traité de cette manière donne de l'acide formique; la sarcosine, de l'acide acétique; la leucine, de l'acide valérique.

Aucun de ces trois corps n'a encore été trouvé à l'état libre dans l'économie animale.

Le *glycocolle*, ou *sucre de gélatine*, qui se produit fréquemment par la décomposition des substances animales sous l'influence des acides ou des alcalis concentrés, offre de l'importance comme produit de métamorphose de l'acide hippurique et des acides de la bile.

La *sarcosine* n'est connue que comme produit de décomposition de la créatine par la baryte caustique.

La *leucine* se produit fréquemment par la putréfaction des matières animales, ainsi que par l'action de l'hydrate de potasse en fusion ou de l'acide sulfurique concentré sur ces matières.

Aux substances précédentes se rattache très étroitement la *tyrosine* $C^{18}H^{11}NO^{6}$, substance à peu près indifférente, qui ne se forme que dans la décomposition des matières animales azotées, par les acides ou les alcalis énergiques.

28. Voici des substances cristallines, riches en azote, qui préexistent dans l'organisme, et s'y rencontrent en qualité de produits de décomposition de liquides ou de tissus azotés :

Créatine...	$C^8H^9N^3O^4$,
Créatinine.	$C^8H^7N^3O^2$,
Urée.....	$C^2H^4N^2O^2$,
Allantoïne.	$C^8H^6N^4O^6$,
Thymine...	?
Guanine...	$C^{10}H^5N^5O^2$,
Cystine....	$C^6H^6NS^2O^4$,
Taurine...	$C^4H^7NS^2O^6$.

Parmi ces substances, la créatinine, l'urée, la guanine et la thymine, ont la propriété de se combiner avec les acides, à la manière des bases; les autres sont privées de propriétés basiques. Il est probable que plusieurs d'entre ces matières renferment l'azote sous forme de cyanogène.

La *créatine* (fig. 6) est un élément constant du liquide qui imprègne les muscles, qu'ils soient ou non soumis à l'action de la volonté. Elle se trouve en quantité différente chez divers animaux et dans les divers muscles d'un même animal; ses proportions, toujours faibles, varient entre 0,07 et 0,32 pour 100.

Fig. 6. Créatine.

La chair maigre contient toujours un peu plus de créatine que la chair grasse. La chair de

poule en renferme plus que celle des autres animaux; puis vient, en série décroissante, la chair de cheval, de renard, de chevreuil, de cerf, de lièvre, de bœuf, de mouton, de veau, de poisson. La chair humaine contient environ 0,067 pour 100 de créatine.

On a trouvé également cette substance dans le sang et surtout dans l'urine, mais toujours en petite quantité.

Elle est le résultat de l'action musculaire et constitue donc un produit d'excrétion.

Sa fonction est surtout mise en évidence par la facilité avec laquelle elle se transforme en diverses substances d'excrétion, telles que la créatinine, l'urée, la sarcosine, ainsi que par sa présence dans l'urine.

La *créatinine* (fig. 7), qu'on peut préparer artificiellement au moyen de la créatine, et qui se distingue par sa réaction fortement alcaline, se trouve comme elle dans le liquide musculaire. Elle a été encore observée dans le sang, dans les eaux amniotiques, et surtout dans l'urine : dans celle-ci elle est plus abondante que la créatine, mais elle est plus rare dans les muscles. Il est assez probable que sa présence dans l'économie est due à une transformation de la créatine, car on peut l'obtenir artificiel-

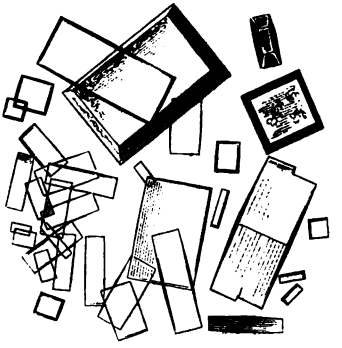


Fig. 7. Créatinine.

lement au moyen de cette dernière ; elle accompagne d'ailleurs généralement la créatine. La créatinine présente donc le caractère d'une substance excrémentitielle, peut-être à un plus haut degré encore que la créatine.

Fig. 8. Urée libre.

L'*urée* (fig. 8, 9 et 10) est l'élément principal de l'urine. Elle forme des 77 aux 82 centièmes de la partie solide de l'urine humaine ; chez les carnivores, dans

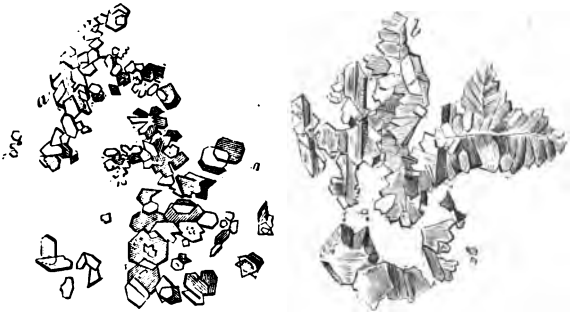


Fig. 9. Nitrate d'urée.

l'état de santé, sa proportion est souvent encore bien

plus considérable. Dans l'urine humaine liquide, dont les proportions d'eau extrêmement variables semblent faire varier aussi la quantité des principes solides, le chiffre de l'urée est compris entre 1,5 et 3,8 pour 100; en moyenne, il est de 2,5 pour 100.

Fig. 10. Oxalate d'urée.

Un homme bien portant évacue, en vingt-quatre heures, de 22 à 54 grammes d'urée (en moyenne environ 32 grammes); toutefois ce nombre dépend considérablement des conditions intérieures ou extérieures auxquelles se trouve soumis l'organisme. C'est ainsi que, chez des hommes pesant plus de 108 kilogrammes, la sécrétion journalière de l'urée s'est élevée à 37 ou 40 grammes, tandis qu'elle n'a plus été que de 28 à 32 grammes chez d'autres individus dont le poids n'excédait pas 60 kilogrammes. Par un régime exclusivement animal, on a pu recueillir jusqu'à 58 grammes d'urée dans les vingt-quatre heures; au contraire, par une alimentation pauvre en azote, la quantité d'urée est descendue au-dessous de 15 grammes. Cependant la sécrétion de l'urée n'est complétement arrêtée ni par une alimentation entièrement dépourvue d'azote, ni par un jeûne prolongé; dans ces deux cas, elle ne fait que diminuer considérablement. Dans les maladies dont le

traitement réclame une diète sévère, la sécrétion totale de l'urée décroît beaucoup, bien que la concentration de chaque évacuation isolée la fasse paraître abondante.

Un exercice corporel considérable détermine un accroissement dans la sécrétion de l'urée.

Dans des temps égaux, les hommes rendent plus d'urée que les femmes et les enfants ; mais, eu égard au poids du corps, on trouve quelquefois pour les enfants une quantité d'urée double de celle qui est sécrétée par les adultes.

Il est à remarquer que la quantité d'urée expulsée dans un jour augmente avec la quantité d'eau, sans pourtant qu'il y ait proportionnalité exacte. Dans l'état de santé, le sang ne contient que fort peu d'urée, car les reins la lui enlèvent trop rapidement. Une augmentation anormale de l'urée dans le sang ne paraît provenir que d'une perturbation dans les fonctions des reins, ordinairement accompagnée d'une dégénérescence de ces organes.

Lorsque la sécrétion de l'urée par les reins est incomplète ou même nulle, on retrouve cette substance dans presque toutes les humeurs, notamment dans la sueur, où elle est parfois si abondante, qu'elle forme après l'évaporation spontanée une croûte d'un blanc bleuâtre qui apparaît surtout sur la figure. Dans cet état (urémie), les sérosités, la salive, la bile et les liquides vomis renferment de l'urée.

L'urée, d'ailleurs, existe normalement dans les humeurs de l'œil et dans les eaux amniotiques.

Depuis longtemps on a renoncé à considérer les reins

comme l'unique siége de la formation de l'urée, puisque, après l'extirpation ou la dégénérescence de ces organes, on la trouve dans le sang et dans d'autres liquides. Il est à peine besoin de prouver que l'urée provient des principes azotés de l'organisme ; on sait, en effet, avec quelle facilité elle résulte de la décomposition ou de la transformation de certaines substances azotées, et l'on connaît son mode de production artificielle. Comme c'est dans les muscles que le travail des transmutations est le plus actif, il est à croire que l'urée est en grande partie le produit de la décomposition du tissu musculaire devenu impropre à la vie ; cependant elle se forme évidemment aussi aux dépens d'autres organes, puisqu'on la retrouve encore dans l'urine après une alimentation non azotée ou après une abstinence prolongée.

On ne saurait décider si l'urée se forme sur les lieux mêmes où s'opère le renouvellement des parties désorganisées, ou si elle ne prend naissance que dans le sang ; toutefois plusieurs raisons portent à croire qu'elle se forme de préférence dans le sang aux dépens d'autres matières azotées, constituant des débris d'organes ou des produits de la transmutation des tissus. Il est bien connu que la créatine et l'acide urique se transforment avec la plus grande facilité en dehors de l'organisme, en urée et en d'autres produits ; on sait aussi que ceux-ci, de même que le glycocolle, la théine, l'alloxantine, etc. étant ingérés par la bouche, se transforment à leur tour en urée et en d'autres substances, de telle sorte que l'urée se rassemble alors en quantité plus considérable dans l'urine. Ajoutons à cela que, dans les muscles, on

bien trouvé de la créatine, mais point d'urée. Enfin, il n'est guère probable que l'accroissement de l'urée dans l'urine après une ingestion copieuse de substances de la nature de la gélatine, se manifesterait aussi rapidement qu'on l'a remarqué, si, dans ce cas, les matières azotées n'éprouvaient immédiatement dans le sang une combustion, par suite de laquelle leur azote s'unit à d'autres éléments pour constituer de l'urée. De tous ces faits, il est permis de conclure que la formation de l'urée a réellement son siége principal dans le sang, et que l'origine de l'urée doit être attribuée non-seulement à la décomposition de certains débris azotés des organes, mais qu'elle dépend en partie aussi de la nature des aliments.

L'*allantoïne* (fig. 11) se rencontre dans les eaux amniotiques de la vache, et dans l'urine des jeunes veaux pendant la période de l'allaitement ; mais dès que ces derniers animaux commencent à prendre une nourriture végétale, l'allantoïne disparaît dans leur urine pour faire place à l'acide hippurique qui y manquait jusqu'alors.

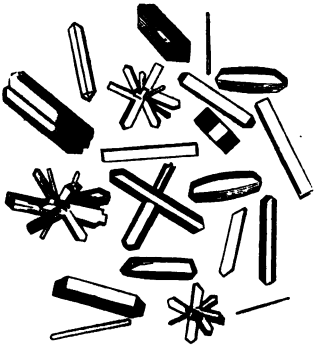


Fig. 11. Allantoïne.

La *thymine* a été découverte tout récemment ; on ne l'a encore trouvée que dans le thymus du veau. On

n'en connaît pas encore la composition chimique.

La *guanine* se trouve dans la fiente (ou guano) de certains oiseaux marins, dans les excréments des araignées, dans l'organe vert de l'écrevisse de rivière, et dans l'organe de Bojanus de la lymnée des étangs.

La *cystine* n'a été trouvée que rarement dans certains calculs vésicaux et dans des sédiments de l'urine. Comme on n'a encore déterminé ni la constitution chimique de ce corps si riche en soufre, ni les conditions pathologiques dans lesquelles on l'observe, nous ne saurions rien affirmer quant à son origine.

La *taurine* est le produit de la métamorphose d'un des acides contenus dans la bile de la plupart des animaux. L'acide taurocholique se décomposant très facilement dans l'intestin grêle, on ne trouve que peu de taurine dans le canal intestinal et dans les excréments solides. Il paraît très probable, ainsi que nous le dirons en parlant de la bile, que la taurine prend naissance dans le foie. On est parvenu à la produire artificiellement par l'action de la chaleur sur l'iséthionate d'ammoniaque.

Bases organiques non azotées.

29. On a vu plus haut (5) qu'un grand nombre d'hydrocarbures tels que le méthyle, l'éthyle, le phényle, sont susceptibles de fonctionner comme radicaux, c'est-à-dire comme des corps simples, de manière à produire des combinaisons semblables à celles qu'on obtient avec les métaux.

Parmi ces combinaisons, celles qui sont connues sous le nom d'*alcools* et d'*éthers simples* méritent surtout d'être citées. Comme nous l'avons déjà dit, l'alcool ordinaire représente une base métallique, hydratée, dans laquelle le métal est remplacé par le radical éthyle; l'éther ordinaire est cette même base à l'état anhydre; l'alcool et l'éther, comme tous les oxydes, dérivent du type eau :

Eau.....	$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O^2,$
Hydrate de potasse...	$\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O^2,$
Oxyde de potassium..	$\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O^2,$
Alcool.....	$\left.\begin{matrix}C^4H^5\\H\end{matrix}\right\}O^2,$
Éther.....	$\left.\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2,$
Alcool potassé.....	$\left.\begin{matrix}C^4H^5\\K\end{matrix}\right\}O^2.$

Une expérience bien simple démontre que l'éther renferme deux fois le groupe éthyle contenu dans l'alcool. Si l'on fait agir du chlorure d'éthyle (éther chlorhydrique) sur de l'alcool potassé, on obtient du chlorure de potassium et de l'éther ordinaire ; de même, par la réaction du chlorure de méthyle (éther méthyl-chlorhydrique) et de l'alcool potassé, il se produit un

homologue de l'éther ordinaire, l'éther méthyl-éthylique :

$$\left.\begin{matrix}C^4H^5\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^4H^5\\K\end{matrix}\right\}O^2 = \left.\begin{matrix}K\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^4H^5\\C^4H^5\end{matrix}\right\}O^2.$$

Éther chlorhydrique. Alcool potassé. Chlorure de potassium. Éther ordinaire.

$$\left.\begin{matrix}C^2H^3\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^4H^5\\K\end{matrix}\right\}O^2 + \left.\begin{matrix}K\\Cl\end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix}C^4H^5\\C^2H^3\end{matrix}\right\}O^2.$$

Éther méthyl-chlorhydrique. Alcool potassé. Chlorure de potassium. Éther méthyl-éthylique.

L'étude des alcools et des éthers a beaucoup contribué aux progrès de la chimie théorique ; elle n'a pu, malheureusement, avoir une influence aussi directe en chimie animale, car ces substances n'y ont qu'une importance fort secondaire.

Les bases organiques non azotées, comme les alcools et les éthers, sont pour la plupart liquides et très volatiles ; toutefois, comme pour les acides gras, le degré de volatilité diminue quand le poids atomique augmente, en sorte que les corps les plus élevés de la série sont mous et même solides. Les alcools (bases hydratées) sont généralement un peu moins volatils que les éthers correspondants (bases anhydres).

Les *éthers composés*, c'est-à-dire les combinaisons de ces bases avec les acides organiques ou minéraux, se distinguent, sous bien des rapports, des sels métalliques proprement dits. Les éthers composés subissent moins aisément la double décomposition ; pour que celle-ci s'effectue, il faut généralement l'intervention de l'eau, de sorte que l'acide et la base de l'éther se séparent tou-

jours à l'état d'acide hydraté et d'alcool. Il est aussi digne de remarque que les éthers composés ne renferment jamais de l'eau de cristallisation, comme les sels minéraux correspondants. Au reste, la plupart des éthers composés, correspondants aux sels neutres, sont volatils sans décomposition, tandis que les éthers composés acides (dits *acides viniques*) s'altèrent tous par la chaleur. Ces derniers rougissent le tournesol ; les éthers neutres sont sans action sur les papiers colorés.

Parmi les alcools de la série homologue $C^{2n}H^{2n+2}O^2$, il en est plusieurs qui forment des éthers composés qu'on rencontre dans l'organisme, savoir :

Alcool palmitique ou hydrate de cétyle... $C^{32}H^{34}O^2 = \left.\begin{matrix} C^{32}H^{33} \\ H \end{matrix}\right\} O^2$,

Alcool cérotique ou hydrate de céryle.... $C^{54}H^{56}O^2 = \left.\begin{matrix} C^{54}H^{55} \\ H \end{matrix}\right\} O^2$,

Alcool mélissique ou hydrate de myricyle. $C^{60}H^{62}O^2 = \left.\begin{matrix} C^{60}H^{61} \\ H \end{matrix}\right\} O^2$.

Le *palmitate de cétyle*, $C^{64}H^{64}O^4 = \left.\begin{matrix} C^{32}H^{33} \\ C^{32}H^{31}O^2 \end{matrix}\right\} O^2$, connu sous le nom de *cétine*, constitue en plus grande partie le blanc de baleine, contenu dans les vastes cavités de la tête du cachalot.

Le *cérotate de céryle*, $C^{108}H^{108}O^4 = \left.\begin{matrix} C^{54}H^{55} \\ C^{54}H^{53}O^2 \end{matrix}\right\} O^2$, est contenu principalement dans la cire de Chine, sécrétion produite sur certains arbres par la piqûre d'une espèce de coccus.

Le *palmitate de myricyle*, $C^{92}H^{92}O^4 = \left.\begin{matrix} C^{60}H^{61} \\ C^{32}H^{31}O^2 \end{matrix}\right\} O^2$,

qu'on désigne quelquefois sous le nom de *myricine*, est contenu, en quantité notable, dans la partie de la cire d'abeilles insoluble dans l'alcool bouillant.

L'huile qu'on extrait du cachalot à bec (*Balæna rostrata*) des îles Feroë, paraît aussi être l'éther composé d'un alcool $C^{24}H^{26}O^2$.

30. La *glycérine*, $C^6H^8O^6$, qu'on obtient par la saponification de beaucoup de matières grasses neutres, est encore une espèce de base semblable aux alcools. La stéarine, la margarine, l'oléine dont nous avons parlé plus haut (11), sont des espèces d'éthers composés, formés d'acides gras fixes et de glycérine.

L'*acide phosphoglycérique* (ou phosphate de glycérine) paraît avoir été rencontré dans la matière cérébrale, ainsi que dans le jaune de l'œuf des oiseaux et des poissons.

Comme les corps gras neutres qui sont introduits dans l'économie sont presque tous des combinaisons glycériques, et qu'on rencontre dans l'organisme beaucoup d'acides gras libres (l'acide phosphoglycérique n'y est contenu qu'en très petite quantité), la glycérine doit évidemment s'y trouver également; il est possible, cependant, qu'elle s'y convertisse en acide propionique, comme par l'action des ferments, et que, sous cette nouvelle forme, elle se brûle aussitôt dans le sang.

31. Une autre base, l'*hydrate de phényle* (dit aussi *acide phénique* ou *carbolique*), $C^{12}H^6O^2$, n'a encore été observée que dans le castoréum ; cette base est un dérivé de la salicine, on ignore toutefois si elle se forme en même temps que l'hydrure de salicyle et l'acide salicylique après l'ingestion de la salicine; au reste, ce qui

permet d'en douter, c'est que l'hydrate de phényle agit sur l'économie comme un des poisons les plus actifs, même à faible dose.

On a trouvé dans l'urine de vache une très petite quantité d'une substance (*acide taurylique*) qui paraît être une homologue de l'hydrate de phényle.

32. Aux matières grasses neutres, formées de combinaisons glycériques, se rattachent, par les propriétés physiques, plusieurs substances grasses non susceptibles d'êtres saponifiées pour donner de la glycérine.

La *cholestérine*, $C^{52}H^{44}O^{2}$, est une substance de cette espèce. Elle se montre fréquemment dans l'économie animale, tantôt dissoute en partie dans des savons ou du taurocholate de soude, tantôt en suspension ou déposée sous forme de tables rhombes dont l'angle obtus est de 100° 30′ (fig. 12). Elle est surtout contenue dans la bile, où elle se trouve presque toujours à l'état de dissolution ; ce n'est que dans des cas de maladie extrêmement rares qu'on l'a observée en suspension dans la bile ; mais on rencontre fréquemment des calculs biliaires composés exclusivement de cholestérine.

Fig. 12. Cholestérine.

Cette substance est aussi un principe normal du sang ; toutefois ses proportions dans ce liquide sont très variables (depuis 0,0025 jusqu'à 0,0200 pour 100) ; on croit

qu'elles augmentent dans la vieillesse et pendant les maladies accompagnées de fièvre.

Elle est également un élément constant de la matière cérébrale.

Elle manque rarement dans le pus; on la trouve très souvent dans les transsudations des hydropiques, notamment, en quantités parfois très considérables, dans les hydrocèles, dans les exsudations, principalement dans les tubercules ramollis, dans les kystes anciens d'échinocoques, dans les ovaires ou les testicules dégénérés, à la surface interne des artères athéromateuses, dans les tumeurs, notamment les tumeurs enkystées, les cholestéatomes et les carcinomes.

De la bile elle passe dans les excréments solides; c'est pourquoi on la rencontre surtout dans le méconium.

L'origine de la cholestérine est entièrement obscure. Elle n'apparaît jamais dans le règne végétal; sa constitution chimique est trop peu connue pour qu'on puisse hasarder une hypothèse sur la manière dont elle prend naissance dans le corps des animaux; d'ailleurs elle paraît un produit de transformation, destiné à être évacué plutôt qu'à remplir un but spécial dans l'économie.

La *castoréine*, trouvée dans le castoréum, et l'*ambréine*, extraite de l'ambre gris, sont deux substances cristallisables, encore trop peu connues pour offrir un intérêt physiologique.

Le nom de *séroline* a été donné au mélange des matières grasses cristallisables contenues dans le sérum du sang.

Substances neutres non azotées.

33. Les substances qui composent ce groupe portent généralement le nom d'*hydrates de carbone*, parce qu'elles renferment l'oxygène et l'hydrogène dans les proportions de l'eau. Le nombre des atomes de carbone qu'elles contiennent est toujours divisible par 6. Malgré les nombreux travaux dont quelques-unes d'entre elles ont été l'objet, on ne possède que des notions fort incomplètes sur leur constitution chimique.

Quelque différentes que soient les propriétés physiologiques des hydrates de carbone, même de ceux qui sont entièrement isomères, ils offrent cependant mainte analogie dans leurs réactions chimiques. Ils possèdent des affinités si faibles qu'on ne parvient qu'avec difficulté à les combiner avec d'autres corps, et encore ces combinaisons s'effectuent-elles souvent en plusieurs proportions. La chaleur décompose tous les hydrates de carbone, en donnant naissance à des produits acides, à de l'eau et à des gaz inflammables. Mis en digestion avec des acides étendus, ils se transforment pour la plupart en glucose. L'acide nitrique fumant les convertit en acide oxalique, acide mucique ou acide saccharique; les autres acides minéraux concentrés les transforment en matières ulmiques.

Parmi les hydrates de carbone, les corps suivants offrent de l'intérêt pour la chimie animale :

Glucose ou sucre mamelonné....	$C^{12}H^{12}O^{12} + 2HO$,
Sucre de lait.....	$C^{12}H^{12}O^{12}$,
Inosite.....	$C^{12}H^{12}O^{12} + 4HO$,
Paramylon.....	$C^{12}H^{10}O^{10}$,
Cellulose.....	$C^{12}H^{10}O^{10}$.

Le *glucose* s'observe toujours immédiatement après l'ingestion d'aliments sucrés ou amylacés, principalement dans l'intestin grêle ; toutefois il n'y existe qu'en petite quantité, parce qu'il est résorbé aussitôt après sa production aux dépens de la matière amylacée.

Dans le chyle on ne constate que des traces de glucose après une nourriture féculente.

Le glucose est un principe constant du sang, notamment de celui des veines hépatiques ; le sang de la veine porte, chose remarquable, n'en renferme que des traces, bien que dans l'intestin il se produise beaucoup de glucose qui est résorbé par les veines.

L'urine, dans l'état normal, ne contient du glucose qu'après qu'il en a été ingéré une grande quantité à la fois ou dans un temps très court ; même dans ce cas, elle n'en renferme qu'une faible proportion, parce que le glucose se décompose assez rapidement déjà dans l'intérieur de la vessie. Le glucose passe très aisément dans les urines lorsqu'on l'injecte dans une veine ; des expériences faites sur des lapins ont montré qu'il apparaît dans l'urine dès que le sang en contient au delà de 4 pour 100 ; mais dans le cas d'une proportion moindre, le glucose se décompose entièrement dans la circulation.

Dans le diabète sucré, cette maladie si problématique encore, des quantités très considérables de glucose sont généralement évacuées par les urines. Dans d'autres maladies on n'a que fort rarement constaté la présence du glucose dans ce liquide ; les circonstances et les conditions dans lesquelles se produit cette sécrétion anormale sont loin d'être bien définies. On a reconnu, sans

pouvoir d'ailleurs s'en rendre compte, qu'une lésion du plancher du quatrième ventricule du cerveau, c'est-à-dire d'un certain point de la moelle allongée, détermine pendant plusieurs heures l'apparition du glucose dans les urines.

Cette substance sucrée a été aussi observée parfois dans les liquides de l'amnios et de l'allantoïde.

Elle se trouve encore, d'une manière constante, dans le blanc et le jaune de l'œuf; ses proportions paraissent augmenter durant l'incubation.

Le liquide dont est imprégné le tissu du foie renferme du glucose lors même qu'il n'a été introduit dans l'économie ni aliments sucrés, ni substances amylacées. Le foie de l'homme, des mammifères et des oiseaux, renferme plus de glucose (en moyenne 2 pour 100) que celui des reptiles (tout au plus 1 pour 100). Le foie des poissons paraît en être absolument dépourvu. Souvent la matière sucrée disparaît du foie pendant les maladies.

Chez les diabétiques, on trouve le glucose jusque dans les sérosités, la salive, les matières vomies, les excréments solides, et parfois même dans la sueur; mais on ne l'observe pas dans le cerveau, la moelle épinière, le pancréas, la rate.

Quant à l'origine du glucose dans l'organisme, on peut l'attribuer à deux espèces de substances. D'abord, il est reconnu que la salive, le suc pancréatique, le suc intestinal, ont la propriété de transformer en glucose la matière amylacée des aliments. D'un autre côté, il est probable que le glucose se forme dans le foie aux dépens de certaines matières azotées; du moins, cela

semble résulter, non-seulement de l'abondance de cette matière sucrée dans le foie, mais encore de cette observation que le sang de la veine porte, qui pénètre dans ce viscère, est extrêmement pauvre en glucose, tandis que le sang qui en sort par les veines hépatiques en est plus chargé que le sang de tout autre vaisseau.

Nous aurons occasion de revenir sur la haute importance du glucose en physiologie, en nous occupant des transmutations de l'organisme.

34. Le *sucre de lait* paraît être un élément constant du lait de tous les mammifères; le lait des carnivores en contient cependant bien moins que le lait des herbivores (1).

Quant aux autres liquides de l'organisme, on ne saurait affirmer avec certitude s'ils renferment la même matière sucrée. Comme le glucose est la seule espèce de sucre qu'on ait trouvée dans le sang, il est probable que le sucre de lait ne prend naissance que dans les glandes mammaires aux dépens du glucose.

Nous parlerons, à propos des transmutations, du rôle du sucre de lait dans la nutrition des jeunes animaux.

L'*inosite* est une autre espèce de sucre, non susceptible d'éprouver la fermentation alcoolique, et qu'on n'a encore trouvée que dans le liquide qui imprègne les muscles du cœur.

Le *paramylon* est une matière amylacée qui a été ren-

(1) Voyez, dans la DEUXIÈME PARTIE, le chapitre consacré au *lait*, pour les proportions de sucre contenues dans le lait des divers animaux.

contrée dans le corps d'un infusoire, l'*Euglena viridis*.

La *cellulose*, qui forme, comme on sait, les parois de toutes les cellules végétales, n'a été observée que dans quelques animaux inférieurs, par exemple dans le manteau de la *Phallusia mamillaris*, dans l'enveloppe cartilagineuse des ascidies simples, dans le manteau coriacé des cynthies, et dans le tube extérieur des salpes. On a également annoncé la présence de la cellulose dans certaines parties du cerveau des animaux supérieurs, ainsi que dans des dépôts pathologiques ; mais ce point est fort douteux.

Matières colorantes.

35. Les matières colorantes qui entrent dans la composition des liquides et des tissus chez les animaux sont à peu près inconnues sous le rapport chimique.

La *matière colorante du sang*, ou *hématosine*, se rencontre, chez les animaux supérieurs, dans les globules colorés, où elle est toujours intimement mélangée avec une substance albuminoïde susceptible d'être obtenue à l'état cristallisé (*hématocristalline*). Elle ne peut pas être isolée sans subir de modification ; telle qu'on l'extrait du sang, à l'aide des acides ou des alcalis sous l'influence de l'oxygène, elle constitue un corps insoluble, différent de l'hématosine naturelle. Elle renferme, parmi ses éléments, une quantité notable de fer. Il est probable que les globules du sang renferment des quantités variables d'hématosine, à en juger du moins par l'analyse des globules, qui n'a pas toujours donné les mêmes proportions de fer.

Quant au rôle de l'hématosine, il est difficile de l'établir d'une manière certaine. Comme l'hématosine soluble, telle qu'elle est contenue dans les globules, possède une grande tendance à absorber de l'oxygène et à devenir insoluble, on est fondé à croire qu'elle contribue, en partie du moins, à l'échange des produits gazeux dans le sang pendant la respiration.

La matière colorante du sang paraît être détruite ou modifiée par le passage de ce liquide dans la rate. Lorsque le sang s'extravase dans l'intérieur du corps et qu'il s'arrête plus ou moins longtemps dans le parenchyme d'un organe, l'hématosine se transforme en une substance cristalline (*hématoïdine*), généralement d'un rouge grenat.

La *matière colorante de la bile*, qu'on trouve en dissolution dans ce liquide, constitue quelquefois en totalité les calculs biliaires; d'autres fois elle ne forme que le noyau de cette espèce de concrétions. Elle se présente sous différentes modifications: brune, à l'origine, chez l'homme et chez les carnivores, elle passe au vert par une oxydation graduelle dans l'intérieur de la vésicule; cette modification verte paraît seule exister chez la plupart des oiseaux, des poissons et des amphibies.

L'acide nitrique fumant, chargé d'acide nitreux, présente une réaction caractéristique avec la matière colorante de la bile. Si on l'ajoute goutte à goutte à un liquide contenant cette matière, il se forme, au fond, une zone d'abord verte, puis bleue, violette, rouge, et enfin jaune sale.

Dans l'ictère, la matière colorante de la bile se mêle

au sang, aux sérosités, et même à l'urine; celle-ci est alors colorée en brun rouge et passe au vert par la fermentation acide ou par l'addition d'un acide.

La matière colorante de la bile s'altère promptement par son passage dans l'intestin; après y avoir séjourné quelque temps, elle ne donne plus, avec l'acide nitrique, les colorations caractéristiques.

Il est probable qu'elle prend naissance dans le foie même, comme les acides de la bile; peut-être résulte-t-elle directement de l'hématosine; on a du moins trouvé qu'un séjour prolongé dans la vésicule la transforme en une substance cristalline, semblable à celle que fournit l'hématosine par la stagnation du sang extravasé dans les organes; on a obtenu des cristaux entièrement identiques en reprenant par l'éther ou par l'eau, après dessiccation, les espèces de baguettes ou de boudins qu'on observe fréquemment dans la bile stagnante.

On ignore si la matière colorante de la bile joue un rôle particulier dans l'intestin, ou si elle est simplement destinée à être évacuée.

Une *matière noire* dite *mélanine*, contenue dans des cellules dodécaédriques, s'étend en couche serrée sur la face interne de la choroïde. Elle recouvre aussi les vaisseaux et les nerfs, chez la grenouille et d'autres amphibies. La même substance paraît constituer le pigment noir des ganglions bronchiques, du tissu pulmonaire, du réseau de Malpighi de la peau des nègres, des tumeurs mélaniques, et peut-être aussi des granules qu'on observe dans les cellules en voie de transformation graisseuse dans d'anciens épanchements sanguins.

La présence du fer dans cette matière noire et la nature des parties où on la rencontre, semblent indiquer qu'elle résulte de la transformation chimique de l'hématosine. Le rôle physique qu'elle remplit dans l'œil n'a pas besoin de commentaire.

Les *matières colorantes de l'urine*, au nombre de deux et peut-être même de quatre, sont parfaitement inconnues sous le rapport des fonctions qui leur sont dévolues. L'une d'elles (*urhématine*) renferme du fer, absorbe l'oxygène avec avidité, et se rapproche encore par d'autres caractères de l'hématosine du sang; elle n'en est probablement qu'un produit de transformation. Dans certaines maladies, les matières colorantes de l'urine se modifient d'une manière très visible.

Matières génératrices des tissus

36. Malgré les recherches nombreuses auxquelles ont été soumises les matières azotées qui forment la partie essentielle des organes chez les animaux, on ne possède pas encore des notions satisfaisantes sur leur nature chimique. On les a souvent analysées, mais on n'est guère parvenu à établir leur poids atomique, et il est même probable qu'aucune d'elles n'a encore été isolée à l'état de parfaite pureté. C'est là, pour la physiologie, une lacune fort regrettable qui nous prive des moyens de discuter, en parfaite connaissance de cause, la théorie des transmutations dont l'organisme est le siége.

A défaut des données nécessaires sur les relations atomiques de ces matières, nous sommes obligé d'examiner

avec quelques détails leurs caractères physiques et chimiques.

A l'état sec, elles sont solides, et se présentent ordinairement sous forme de lamelles scarieuses et diaphanes; à l'état humide, elles sont tantôt jaunâtres et transparentes, tantôt blanches et opaques, tantôt tenaces et élastiques, ou molles et gluantes, tantôt enfin gélatineuses. Une seule d'entre elles a été obtenue à l'état cristallisé (42). Elles sont sans saveur ni odeur, et généralement insolubles dans l'eau ; celles qui se dissolvent dans ce liquide perdent leur solubilité et se coagulent sous l'influence de la chaleur, de l'alcool, de l'acide acétique. Quoique très hygrométriques, elles ne forment avec l'eau aucun hydrate défini. Elles sont absolument insolubles dans l'alcool, dans l'éther et dans les autres menstrues neutres. La chaleur les décompose, avec production d'eau, d'ammoniaque, de matières azotées diverses, neutres ou basiques, et d'autres corps non azotés.

L'eau bouillante modifie leurs caractères physiques.

Les acides sulfurique et chlorhydrique concentrés les décomposent en produisant, par un contact prolongé, des sels ammoniacaux, une substance brune, semblable à l'ulmine, de la leucine, de la tyrosine, une substance cristallisable, volatile, douée d'une odeur désagréable, etc.

L'acide nitrique concentré les colore en jaune, surtout à chaud.

Les agents d'oxydation, tels que l'acide chromique ou le mélange de bioxyde de manganèse et d'acide sulfurique, leur font éprouver des transformations remarquables. Parmi les produits de la réaction se trouvent tous les

acides gras volatils, depuis l'acide formique jusqu'à l'acide caproïque, les aldéhydes correspondants, l'acide benzoïque et l'hydrure de benzoïle ; de même on y rencontre l'ammoniaque et les nitriles (les éthers cyanhydriques) des acides précédents, notamment l'acide cyanhydrique et le valéronitrile.

Traitées par les alcalis caustiques, dissous ou fondus, les matières azotées dont nous parlons donnent de l'ammoniaque, de l'acide formique, de l'acide carbonique et plusieurs produits azotés neutres ou basiques, tels que la leucine, le sucre de gélatine, la méthylamine, etc.

Une autre propriété caractérise les matières azotées des tissus : à l'état humide, elles sont susceptibles d'éprouver une décomposition spontanée, c'est-à-dire de se putréfier sans l'intervention apparente d'une autre substance, mais par l'influence seule des agents atmosphériques. Elles se distinguent, sous ce rapport, de la plupart des autres corps qui, dès qu'ils sont chimiquement purs, n'éprouvent aucune altération de la part des seules influences atmosphériques. D'ailleurs, la résistance qu'elles opposent à la décomposition dépend beaucoup de leur degré de cohésion ; ainsi, le tissu qui compose les tendons se putréfie moins rapidement que le tissu cellulaire, l'albumine coagulée se décompose moins aisément que l'albumine encore liquide. Les produits de cette putréfaction sont : le carbonate, le sulfhydrate, le butyrate et le valérate d'ammoniaque, la leucine, la tyrosine, etc.

Il importe aussi de noter que les principes azotés des tissus sont toujours accompagnés de matières grasses,

ainsi que de sels alcalins et calcaires dont il est à peu près impossible de les séparer d'une manière complète ; on ignore jusqu'à quel point ces sels sont combinés chimiquement ou simplement mélangés avec les matières azotées. L'absence de forme cristalline de ces dernières empêche de les isoler à l'état de parfaite pureté ; on ne parvient pas non plus à en préparer des composés définis, soit parce qu'elles s'unissent aux autres substances, par exemple, à l'oxyde de plomb, en proportions fort variables, soit parce que les sels étrangers les accompagnent aussi dans ces combinaisons.

On peut diviser en deux groupes les matières génératrices des tissus : en *matières albuminoïdes* proprement dites, et en *dérivés immédiats des matières albuminoïdes.* Cette division, sous bien des rapports, convient aussi à leurs fonctions physiologiques.

Les caractères et les transformations chimiques des substances albuminoïdes sont si semblables, qu'elles semblent toutes dériver d'un type commun ; cependant, malgré de nombreuses expériences, on ne connaît pas encore leur constitution chimique. Les matières albuminoïdes se ressemblent aussi par leurs caractères physiques ; en effet, tantôt elles sont en dissolution dans les liquides concourant directement à la nutrition, et elles y subissent conséquemment des transmutations continues, tantôt elles font partie des organes les plus actifs, tels que les muscles et les nerfs.

Les substances de l'autre groupe n'ont pas entre elles la même analogie chimique, cependant elles paraissent directement dériver des matières albuminoïdes, et leur

rôle, dans les tissus organiques, semble être purement physique.

L'étude de ces deux groupes de matières offre une confirmation nouvelle de ce principe, que la fonction physiologique d'une substance est toujours subordonnée à sa nature chimique. En effet, tandis que les dérivés des matières albuminoïdes opposent le plus souvent une grande résistance aux agents chimiques ou atmosphériques, et n'ont pour ainsi dire de l'utilité que par leurs propriétés physiques; les matières albuminoïdes, au contraire, éminemment altérables, constituent par cela même les véritables médiateurs des transmutations organiques et prennent part aux fonctions les plus importantes. La nature chimique des matières albuminoïdes les rend particulièrement propres à ce dernier rôle; l'équilibre chimique de leurs molécules est fort instable; les métamorphoses qu'elles subissent dans l'économie, en vertu de leur constitution complexe, n'ont pas encore été élucidées, il est vrai; cependant on a reconnu, par des expériences récentes, que le gaz oxygène et le gaz acide carbonique modifient promptement les substances albuminoïdes, tandis qu'on avait cru pendant longtemps que les mêmes gaz n'avaient d'action sur elles qu'après un contact prolongé, alors qu'elles succombaient à la fermentation.

37. *Matières albuminoïdes.* — Ces matières revêtent, dans l'organisme, les formes les plus variées; comme il est impossible de les obtenir à l'état de pureté parfaite, on ne saurait dire si elles sont isomères ou polymères, si elles sont des combinaisons particulières d'une même

substance fondamentale, ou si elles constituent simplement des corps d'une constitution analogue. L'absence de données positives à cet égard nous oblige à nous borner, pour ces matières, à une simple étude descriptive.

Les matières albuminoïdes comprennent :

L'albumine,

La fibrine du sang et des muscles,

La caséine,

La globuline.

Aux substances précédentes, il faut encore ajouter la matière qui constitue les cristaux du sang (*hématocristalline*).

Chacune de ces substances possède la propriété remarquable de se présenter sous deux modifications essentiellement différentes : à l'état soluble et à l'état insoluble.

Ces deux modifications se rencontrent dans l'organisme. Les matières albuminoïdes solubles sont susceptibles, surtout par l'ébullition, de se modifier profondément dans leur cohésion et leur solubilité ; ainsi modifiées elles paraissent absolument différentes de ce qu'elles étaient primitivement. On a nommé *coagulation* ce passage de l'état soluble à l'état insoluble ; mais on ignore la nature chimique du phénomène. On pourrait l'expliquer par un arrangement moléculaire nouveau ; c'est ainsi qu'on interprète l'insolubilité qu'acquièrent l'oxyde de zinc, l'acide titanique, etc., sous l'influence de la chaleur ; mais des expériences récentes ont démontré que, dans la coagulation des matières albuminoïdes, il

général isomorphes ; il est dès lors impossible de considérer toutes les matières albuminoïdes comme homologues ; en effet, des substances aussi semblables que les diverses espèces d'hématocristalline, retirées du sang d'animaux différents, affectent des formes cristallines tout à fait incompatibles.

Il est d'ailleurs très difficile d'affirmer si les substances albuminoïdes sont véritablement des principes simples, ou si elles ne sont pas plutôt des mélanges de plusieurs corps. Il est à remarquer que presque toutes ces substances se dédoublent, par l'action prolongée de l'acide acétique cristallisable, en deux corps distincts, dont l'un est soluble et l'autre insoluble dans cet acide, et qui se distinguent en outre par les colorations différentes qu'ils manifestent au contact de l'acide chlorhydrique, de la solution acide de mercure, etc.

38. *L'albumine* possède peu de caractères tranchés. On la définit ordinairement comme une substance dont la solution se coagule intégralement à 63° ; mais il ne faut pas oublier que cette propriété est subordonnée aux circonstances extérieures ; en effet, la température à laquelle se coagule l'albumine, de même que l'aspect qu'elle présente une fois coagulée, dépendent surtout de la nature des substances mêlées ou combinées avec elle ; en y ajoutant avec précaution des sels alcalins ou de l'alcool, on peut arriver à coaguler l'albumine presque à chaque degré de l'échelle thermométrique, inférieur à 63°. Un excès d'alcali ou d'acide libre (non susceptible par lui-même de coaguler l'albumine) retarde sa coagulation par la chaleur ; mais si l'on vient à neutraliser

l'alcali ou l'acide, l'albumine se précipite sous forme insoluble, lors même que la dissolution serait complétement refroidie. Lorsqu'on évapore une solution d'albumine contenant un grand excès d'alcali ou d'acide, il se forme à la surface du liquide une pellicule épaisse et incolore de substance coagulée. Précipitée d'une solution faiblement alcaline, l'albumine se présente sous la forme d'une gelée, ou bien elle donne à la liqueur l'aspect laiteux ; celle-ci possède alors une réaction alcaline plus marquée qu'avant l'intervention de la chaleur. L'albumine coagulée au sein d'une solution parfaitement neutre ou faiblement acide forme des flocons ou des grumeaux, tandis que le liquide reste parfaitement transparent et peut être facilement filtré. Il est à noter que l'albumine, en se coagulant, perd une partie du soufre qu'elle renferme.

L'albumine est un élément constant de tous les liquides qui interviennent dans la nutrition de l'organisme animal entier ou de certaines parties de cet organisme. De là sa présence dans le chyle, le sang, la lymphe, l'œuf, les follicules de Graaf, etc. De plus, elle se trouve partout où il s'établit une transsudation normale ou anormale du contenu des vaisseaux sanguins; elle se rencontre donc dans les sérosités et dans les liquides du parenchyme de tous les organes actifs. Elle constitue l'élément principal du sérum du sang; elle forme, en effet, de 7,8 à 9,8 pour 100 du sérum liquide, et les 85 centièmes de ses parties solides.

Les sécrétions et excrétions du corps ne contiennent de l'albumine que dans des cas anormaux, notam-

ment dans les inflammations des surfaces sécrétantes.

Il n'est pas douteux que l'albumine contenue dans les liquides de l'économie animale ne provienne des plantes. Des analyses faites avec soin ont démontré que les substances albuminoïdes contenues dans les aliments sont plus que suffisantes pour les besoins de l'organisme. Mais on ne sait rien sur la manière dont les substances, telles que la caséine, la légumine, la fibrine, etc., transformées en chyme dans l'estomac et introduites ensuite dans la masse des liquides, se convertissent finalement en albumine normale telle que la renferme le sang.

Pour concevoir l'importance physiologique de l'albumine, comme matière destinée à former et à entretenir tous les tissus azotés, il suffit de considérer les parties de l'organisme où elle se rencontre. Au reste, l'étude des substances qui composent les tissus démontre que l'albumine n'a besoin de subir que de faibles modifications pour se transformer soit en la matière contractile qui forme les muscles, soit en la substance qui remplit les tubes nerveux. On ignore toutefois de quelle manière l'albumine s'organise en cellules et en tissus. Les dérivés immédiats des matières albuminoïdes semblent bien constituer des termes formant le passage de l'albumine aux substances constitutives des tissus ; mais il s'en faut de beaucoup que nous soyons en état de suivre ce passage dans tous ses détails, même par une série d'équations chimiques. Les modifications de l'albumine que l'on a trouvées dans l'organisme animal (par exemple, le principe coagulable du suc pancréa-

tique, la paralbumine et la métalbumine de divers liquides des hydropiques) et les transformations que les matières albuminoïdes éprouvent durant la digestion stomacale, ont été si peu étudiées par les chimistes, qu'elles ne pourraient, en aucune façon, servir de base à une solution scientifique de la question.

39. La *fibrine* se distingue des autres matières albuminoïdes principalement par la propriété qu'elle possède de se séparer à l'état solide, sous forme de filaments très ténus ou de petites lames plissées, dès que le liquide qui la tient en dissolution est soustrait à l'influence de la vie. Les propriétés de la fibrine dissoute ne sont que peu ou point connues : on sait seulement que cette substance n'est pas précipitée de sa solution naturelle par l'acide acétique, mais qu'elle l'est par l'éther et par une lessive de potasse. La fibrine, naturellement coagulée, présente aussi quelques propriétés différentes de celles de la fibrine coagulée par l'ébullition ; la première se décompose à l'air avec la plus grande facilité ; elle se putréfie, en absorbant l'oxygène, plus rapidement que toute autre substance albuminoïde ; aussi décompose-t-elle instantanément l'eau oxygénée ; elle se distingue encore en ce qu'elle fait gelée dans l'eau contenant 0,1 pour 100 d'acide chlorhydrique, sans toutefois se dissoudre dans ce liquide à la façon des autres matières albuminoïdes, et que, avec une dissolution étendue de salpêtre (1 p. de sel dans 17 p. d'eau), elle forme une solution qui se coagule par la chaleur. Nous traiterons avec plus de détails des modifications de la fibrine spontanément coagulée, en parlant du sang.

La fibrine coagulée par l'ébullition ne présente pas de propriétés qui la différencient essentiellement des autres matières albuminoïdes, solidifiées par le même moyen.

La fibrine existe en dissolution dans le chyle (qui en renferme en moyenne 0,1 pour 100), dans le sang (3 pour 100), dans la lymphe (0,05 pour 100).

Sa proportion n'est pas la même dans le sang de tous les vaisseaux : le sang artériel en renferme, terme moyen, plus que le sang veineux ; le sang de la veine splénique en contient fort peu ; celui des veines hépatiques en est absolument dépourvu. Le sang des nouveau-nés contient moins de fibrine que celui des adultes ; pendant les derniers mois de la grossesse, la quantité de fibrine renfermée dans le sang augmente considérablement.

Ce n'est que dans les exsudations d'une nature réellement inflammatoire, que l'on trouve de la fibrine dans les liquides des séreuses, sur les muqueuses ou dans le parenchyme des organes; elle y est bien plus souvent coagulée que dissoute.

De l'ensemble des circonstances où se présente la fibrine, on peut conclure que cette substance est le résultat d'une transformation de l'albumine. Ici encore il est impossible de préciser la nature de cette transformation. Si l'on accorde quelque valeur aux analyses élémentaires, on est conduit à considérer la fibrine, qui contient un peu plus d'oxygène que l'albumine, comme un produit de l'oxydation de celle-ci. Par l'arrivée d'une quantité suffisante d'oxygène dans le sang, l'albumine ne s'arrête pas longtemps à ce degré d'oxydation ; aussi

rencontre-t-on moins de fibrine dans le sang des enfants et des personnes bien portantes, que dans celui des femmes enceintes, des individus qui souffrent de maladies inflammatoires, et, en général, de ceux chez lesquels l'arrivée de l'oxygène dans le sang, et par suite l'oxydation de l'albumine, se trouve entravée.

La fibrine paraît donc être un degré d'oxydation intermédiaire, précédant les composés plus oxygénés qui constituent les tissus. On ne saurait pourtant affirmer que les cellules et les fibres animales passent toutes d'abord par l'état intermédiaire de fibrine.

39 *bis*. La fibrine des muscles (*syntonine* de M. Lehmann) a beaucoup d'analogie avec la fibrine du sang spontanément coagulée ; elle s'en distingue en ce qu'elle se dissout dans de l'eau contenant 0,1 pour 100 d'acide chlorhydrique, et se précipite de nouveau sous forme de gelée, quand on neutralise l'acide; cette gelée forme, avec l'eau de chaux ou les alcalis très étendus, une solution qui se coagule par la chaleur ; elle se gonfle dans une dissolution de carbonate de potasse, mais ne s'y dissout en aucune façon ; elle est également insoluble dans une dissolution de nitrate de potasse.

Cette espèce de fibrine est la substance principale des fibrilles des muscles striés et des muscles lisses ou des cellules fusiformes.

Il n'est guère possible de s'expliquer comment cette substance, si semblable à l'albumine et à la fibrine du sang, contribue à la contractilité des tissus vivants, de préférence aux autres matières albuminoïdes.

40. La *caséine* ne se coagule point par l'ébullition,

mais elle se coagule sous l'influence de l'acide acétique, de la muqueuse qui tapisse la caillette des ruminants, et du suc gastrique des carnivores. Les sels de magnésie et de chaux ne précipitent la caséine qu'avec l'aide de la chaleur. A l'état coagulé elle ne se distingue pas d'une manière essentielle des autres matières albuminoïdes.

Elle existe dans le lait de tous les mammifères (3 à 17 pour 100).

On a trouvé dans le sang une substance qui lui ressemble au plus haut point, et qu'on a nommée, pour cette raison, *caséine du sérum*. Le sang des femmes enceintes et du placenta paraît en contenir de grandes quantités.

On rencontre encore la caséine dans les liquides qui imprègnent les muscles, dans ceux du thymus, du tissu cellulaire, du tissu élastique, de l'allantoïde.

Elle existe également dans le jaune d'œuf, mélangée avec l'albumine; ce mélange a été autrefois considéré comme une substance particulière, la *vitelline*.

L'imperfection de nos connaissances ne nous permet pas d'émettre une hypothèse sur la manière dont la caséine résulte des autres substances albuminoïdes. C'est donc encore un problème à résoudre que de savoir si la caséine du lait se forme seulement dans les glandes mammaires, ou si elle prend naissance déjà dans le sang.

On ne sait pas non plus pourquoi cette substance forme l'élément nutritif du lait, de préférence à l'albumine, à laquelle d'ordinaire ce rôle est dévolu. Il y aurait aussi à expliquer les rapports qui existent entre la caséine

des liquides musculaires et les fonctions des muscles qui en sont imprégnés.

41. La *globuline* se rapproche beaucoup de l'albumine; mais elle ne se coagule qu'à 73° en un liquide laiteux ou en masses globulaires. Si l'on sature par l'ammoniaque une dissolution de globuline dans l'eau aiguisée d'acide acétique, ou inversement, si l'on sature par l'acide acétique sa solution ammoniacale, la globuline se précipite; enfin, un des caractères distinctifs de cette substance, c'est de se coaguler au sein de sa dissolution aqueuse sous l'influence du gaz carbonique; le précipité se redissout dans l'eau pure, au contact de l'air atmosphérique ou de l'oxygène.

L'existence de la globuline n'a été constatée avec certitude que dans le cristallin de l'œil; elle forme les 36 centièmes de son poids.

La dissolution concentrée de globuline qui constitue le cristallin, fait office d'un liquide réfringent; la disposition de cet organe par couches de densités décroissantes de l'intérieur à l'extérieur est évidemment destinée à réaliser l'achromatisme de l'œil.

L'*hématocristalline* est la seule matière albuminoïde cristallisable; mais l'étude de la forme de ses cristaux indique que ce nom désigne trois ou quatre substances différentes, fort analogues d'ailleurs par leurs propriétés physiques et chimiques. L'hématocristalline retirée du sang de l'homme et de celui de la plupart des carnivores, cristallise en prismes (fig. 13 et 14); celle du sang des cochons de mer, des rats, des souris, en tétraèdres (fig. 15); celle du sang de l'écureuil, en tables hexagonales (fig. 16);

celle du sang du hamster, en rhomboèdres. Ce
stances si semblables, à la cristallisation près, se

Fig. 13.

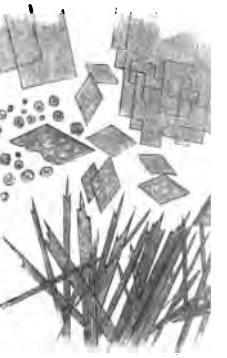


Fig. 14.

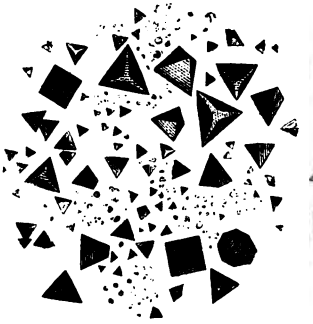


Fig. 15. Hématocristalline.

Fig. 16

guent des autres corps albuminoïdes, en ce qu'
sont pas précipitées par le nitrate d'argent, le bic
de mercure, le chlorure de zinc, le sous-ac
plomb, et qu'elles le sont au contraire par l

nitrate de mercure et le bichromate de potasse. Soumises à l'action de la chaleur, elles se coagulent entre 63° et 65°, et le liquide surnageant rougit alors le tournesol. Toutes retiennent si énergiquement la matière colorante du sang, qu'on n'a pu encore les en obtenir parfaitement exemptes. A part la différence de forme, on n'a encore observé que des différences de solubilité entre les diverses modifications de l'hématocristalline.

Cette substance ne se trouve que dans les globules colorés du sang des vertébrés ; tous les animaux de cet embranchement sur lesquels on a expérimenté l'ont fournie à l'état cristallisé.

Quant à la manière dont elle se forme, il est impossible de s'en rendre compte, faute de connaître sa constitution chimique. Plus tard, en nous occupant du sang, nous parlerons de ses fonctions physiologiques.

42. *Dérivés immédiats des matières albuminoïdes.* — Nous rangeons sous ce titre un petit nombre de substances formant les principes essentiels de divers tissus, mais dont l'étude chimique est encore fort peu avancée, savoir :

La substance (osséine) qui donne la gélatine,

La substance qui donne la chondrine,

La substance du tissu élastique,

La fibroïne,

La chitine.

Ce qui distingue ces substances, outre l'insolubilité dans les menstrues neutres, c'est l'absence des caractères essentiels propres aux corps albuminoïdes d'où elles dérivent.

Les principes qui fournissent la gélatine et la chondrine ont été très souvent étudiés, mais on n'est pas encore parvenu à se rendre compte de leur constitution chimique, malgré la grande analogie de leurs propriétés.

La *gélatine* des os, ou colle forte, est caractérisée, comme on sait, par sa solubilité dans l'eau chaude, et par la propriété qu'a cette dissolution de se prendre en gelée par le refroidissement. Le chlore, le bichlorure de mercure, le bichlorure de platine, le tannin et l'alcool, la précipitent de sa solution aqueuse. Soumise à la distillation sèche, elle donne du carbonate d'ammoniaque et beaucoup de tétrylamine et de picoline ; avec l'acide chromique elle fournit les mêmes produits de décomposition que les matières albuminoïdes, avec cette différence cependant qu'elle donne plus d'acide valérique. Traitée par les alcalis, elle donne beaucoup de leucine et de sucre de gélatine.

On obtient la gélatine en traitant par l'eau bouillante les cartilages (après l'ossification), les tendons, le chorion, le tissu cellulaire, la corne de cerf, la vessie natatoire de l'esturgeon, les écailles de poissons et les fibro-cartilages inter-articulaires. Dans la maladie dite leucémie, elle se trouve toute formée dans le liquide de la rate et dans le sang.

La substance dont se composent les cartilages et le tissu cellulaire, présente la même composition élémentaire que la gélatine, de sorte que celle-ci n'en paraît résulter que par l'effet d'une transposition moléculaire.

On ignore l'équation d'après laquelle les matières qui donnent la gélatine dérivent des matières albuminoïdes,

ainsi que les conditions où s'accomplit cette transformation.

Plus loin, en nous occupant des tissus, nous ferons voir que le rôle des substances susceptibles de se transformer en gélatine est plus particulièrement de nature mécanique.

La *chondrine*, ou gélatine des cartilages, se distingue de la gélatine des os en ce qu'elle est précipitée non-seulement par le chlore, le bichlorure de mercure, le bichlorure de platine, le tannin et l'alcool, mais encore par l'acide chlorhydrique, l'acide acétique, l'acétate de plomb, l'alun, le sulfate de peroxyde de fer. Traitée par l'acide sulfurique concentré, elle ne donne que de la leucine, sans sucre de gélatine ; par l'hydrate de potasse, on obtient ces deux produits.

La chondrine s'extrait par l'eau bouillante de tous les cartilages permanents; il faut excepter les fibro-cartilages inter-articulaires et les cartilages ossifiés.

Elle renferme un peu de soufre, aussi la regarde-t-on comme un peu plus voisine des corps albuminoïdes que la gélatine ; de plus, comme les cartilages en voie d'ossification fournissent toujours de la chondrine tant que leur ossification n'est pas terminée, il paraît probable que cette substance ne se transforme que pendant l'ossification en matière (osséine) susceptible de former de la gélatine. La chondrine semble donc être un terme intermédiaire dans la transformation des matières albumiminoïdes en gélatine.

Le rôle de la chondrine dans l'économie se confond évidemment avec celui des tissus d'où on l'extrait.

La *substance du tissu élastique* est insoluble dans tous les menstrues connus; ce n'est que par une digestion prolongée pendant trente heures à 160°, dans la marmite de Papin, qu'elle se transforme en un corps brunâtre qui ne se prend pas en gelée en se refroidissant; les acides concentrés la décomposent; l'acide sulfurique concentré produit de la leucine (sans sucre de gélatine); la potasse caustique ne la décompose que par une ébullition de plusieurs jours.

On trouve cette substance dans tous les tissus connectifs, en fils indépendants, affectant la forme de ce qu'on nomme fibres à noyaux; elle est accumulée en plus forte proportion dans les ligaments élastiques proprement dits, par exemple dans le ligament cervical des mammifères, dans les ligaments jaunes de la colonne vertébrale, dans les cordes vocales inférieures, dans la tunique réticulée des artères, etc. Les membranes enveloppantes des cellules se composent souvent d'une substance qui présente une grande ressemblance avec le tissu élastique. On ignore absolument les transformations chimiques en vertu desquelles la substance de ce tissu prend naissance. Les parties de l'organisme où on la rencontre indiquent qu'elle y remplit un rôle mécanique.

La *fibroïne* n'a été trouvée que dans la soie et dans les fils de la Vierge. Elle n'est soluble que dans les acides sulfurique et chlorhydrique concentrés, et peut être précipitée de ces dissolutions par le tannin. Les alcalis la décomposent.

La *chitine* est insoluble dans l'eau, l'acide acétique e

les alcalis ; les acides concentrés la décomposent ; soumise à la distillation sèche, elle n'entre point en fusion, et fournit des produits de décomposition ayant une réaction acide. D'après les recherches les plus récentes, elle est exempte d'azote et présente la composition d'un hydrate de carbone. Elle constitue le squelette de tous les insectes ; on la retrouve dans l'épiderme, les élytres, les trachées, les écailles et les poils de ces animaux.

II. — Matières minérales.

43. Nos connaissances relatives aux substances minérales de l'économie et des combinaisons qu'elles y forment, sont loin d'être en rapport avec l'état avancé de l'analyse chimique. Cette lacune provient en partie de ce qu'on a presque toujours cherché à déterminer la nature de ces substances par l'analyse des cendres, sans se préoccuper de la volatilisation ou des transformations plus ou moins complètes, subies pendant l'incinération par certains éléments, de sorte que la composition des cendres ne pouvait pas donner la composition réelle des principes minéraux qui les avaient fournies. L'imperfection des méthodes suivies dans ces analyses a dû naturellement aussi y contribuer. On a d'ailleurs trop peu étudié les rapports qui existent entre les substances minérales et les principes organiques de l'économie (notamment quant aux corps albuminoïdes et à leurs dérivés), pour que la chimie physiologique puisse résoudre d'une manière satisfaisante les questions relatives au

rôle que les sels minéraux jouent dans les transmutations de l'économie.

Quoi qu'il en soit, pour classer ces substances, nous adopterons les principes suivants :

Certaines matières minérales jouent dans l'organisme le rôle d'agents mécaniques ; elles sont déposées dans les tissus solides et contribuent à leur donner de la rigidité et de la résistance.

D'autres prennent une part active dans les réactions chimiques de l'économie, et interviennent dans les fonctions de la vie.

D'autres, enfin, ne se sont introduites dans l'organisme que fortuitement, ou doivent être considérées comme des produits d'évacuation, résultant de transformations accomplies à l'intérieur du corps.

Agents mécaniques.

44. Nous comprenons sous ce titre les composés suivants :

Phosphate de chaux,
Carbonate de chaux,
Phosphate de magnésie,
Fluorure de calcium,
Acide silicique.

Le *phosphate de chaux* figure ici en première ligne, parce qu'il contribue le plus à la solidité du tissu osseux. Les cartilages des os, de même que les cartilages permanents, n'acquièrent de la solidité et de la rigidité que par l'effet de l'assimilation d'une certaine quantité de phosphate de chaux, pendant leur changement de structure.

Dans toutes les maladies auxquelles les os sont sujets, ceux-ci deviennent plus fragiles et plus flexibles, par la raison qu'ils perdent toujours plus de phosphate de chaux que de principes organiques.

En général, il n'existe aucun tissu de nature animale qui ne renferme plus ou moins de phosphate de chaux. Jusqu'à présent on n'a pas encore déterminé avec précision quelle est l'influence exercée par ce sel sur les propriétés physiques des tissus, selon qu'il s'y trouve en quantité plus ou moins grande.

Il existe en dissolution dans presque tous les liquides de l'économie ; ordinairement il y est associé à des corps albuminoïdes ; parmi ces derniers, en effet, il n'en est aucun qui ne fournisse à l'incinération quelque peu de phosphate de chaux. Ce sel s'y trouve sans doute sous la forme d'une combinaison particulière, et il est plus que probable que sa présence est la cause déterminante de certaines métamorphoses que les matières albuminoïdes subissent durant la vie. Ces matières sont les véhicules qui déposent le phosphate de chaux dans les cellules et les tissus. Plusieurs faits démontrent d'ailleurs que ce sel est absolument indispensable à la formation des cellules : ainsi on a reconnu que chez les animaux inférieurs, dans l'organisme desquels le carbonate de chaux est cependant la substance minérale la plus abondante, le phosphate de chaux s'accumule dans les parties où de nouvelles cellules sont en voie de formation.

Les concrétions animales renferment ordinairement beaucoup de phosphate de chaux. La quantité de phosphate calcaire contenu dans l'urine dépend de la pro-

portion qui en a été ingérée par les aliments (par les matières albuminoïdes animales ou végétales), ainsi que de la quantité du même sel réclamée par les besoins de l'économie. C'est parce qu'elle en demande beaucoup, que le phosphate de chaux manque souvent dans l'urine des femmes enceintes pendant les derniers mois de grossesse, malgré une bonne alimentation; le phosphate de chaux n'est même contenu qu'en petite quantité dans l'urine des herbivores, parce que le phosphate introduit par les aliments suffit strictement aux besoins de l'organisme.

D'ailleurs, le phosphate de chaux n'est pas toujours introduit dans l'organisme par les aliments, ainsi que le prouve l'étude de l'œuf pendant l'incubation ; ce sel se produit certainement aussi au sein de l'économie aux dépens d'autres sels calcaires et d'autres phosphates ; il est bien moins abondant dans l'embryon développé que dans l'œuf non couvé.

Le *carbonate de chaux* est contenu dans le squelette des vertébrés, en proportion moindre que le phosphate à même base; il existe, au contraire, en très grande quantité chez les invertébrés, où il joue évidemment le même rôle que le phosphate de chaux chez les vertébrés.

Plusieurs liquides de l'économie tiennent en dissolution du bicarbonate de chaux : ce sel se rencontre en quantité assez notable dans la sécrétion des parotides du cheval et du chien, dans l'urine des herbivores et probablement aussi dans le sang des mêmes animaux.

Certaines concrétions, telles que les phléboliths, les

calculs salivaires et urinaires, renferment plus ou moins de carbonate de chaux.

On trouve le même sel, en cristaux prismatiques (et non rhomboédriques), sur la paroi externe et supérieure du sac ovale du vestibule de l'oreille. Des groupes cristallins analogues s'observent sur la dure-mère des batraciens, et dans de petits kystes blanchâtres près des trous de conjugaison des vertèbres.

L'origine du carbonate de chaux n'est pas douteuse; elle est due évidemment aux aliments végétaux et à l'eau ingérée; il est possible toutefois qu'il s'en forme aussi une certaine quantité dans le sang, par la décomposition de sels organiques à base de chaux.

Le *phosphate de magnésie* accompagne constamment le phosphate de chaux. Comme les excréments solides contiennent le phosphate magnésien en plus grande proportion que ce dernier sel, on a attribué aux vaisseaux chylifères une faculté d'absorption plus grande pour le phosphate de chaux que pour le phosphate de magnésie; mais comme le phosphate de magnésie est également fort abondant dans l'urine et qu'il est par conséquent absorbé en forte proportion par l'intestin, il semble plus rationnel d'expliquer l'abondance du phosphate magnésien dans les excréments solides par l'extrême tendance qui caractérise ce sel à former avec l'ammoniaque une combinaison peu soluble et cristalline (phosphate ammoniaco-magnésien); cette combinaison, en effet, ne manque jamais dans les excréments, et souvent elle se trouve déposée dans les intestins des herbivores sous la forme de concrétions d'une dimension assez considérable.

L'abondance du phosphate de magnésie dans la graine des céréales explique très bien l'origine de ce sel.

Le *fluorure de calcium* ne manque jamais dans les os, mais il ne s'y trouve qu'en proportion faible; on l'observe en plus grande quantité dans les os fossiles que dans les os des générations actuelles. Il est plus abondant dans l'émail des dents, qui lui doit en partie sa dureté.

La *silice* n'existe, chez les animaux supérieurs, que dans les poils et les plumes. On en a trouvé cependant, mais en plus petite quantité, dans le sang, la bile et l'urine, notamment chez les oiseaux.

On la rencontre toujours dans les excréments solides; elle y provient soit du sable ingéré, dont elle conserve alors la forme, soit des tissus des aliments végétaux.

Les squelettes des infusoires sont principalement formés de silice.

Agents chimiques.

45. Parmi les substances minérales qui prennent une part très active dans les métamorphoses vitales, il faut nommer les suivantes :

Acide chlorhydrique,
Chlorure de sodium,
Carbonate de soude,
Phosphates alcalins,
Fer.

L'*acide chlorhydrique* n'existe que dans le suc gastrique à l'état libre, ou peut-être plutôt à l'état de combinaison conjuguée. Sans acide libre, le suc gastrique

n'a aucune propriété digestive; l'acide lactique est seul capable de remplacer l'acide chlorhydrique.

On ignore absolument par l'effet de quelle réaction chimique l'acide chlorhydrique libre se produit dans les follicules gastriques.

Le *chlorure de sodium* se trouve dans toutes les parties, solides ou liquides, du corps. Ce sel, chose importante à noter, forme toujours la portion la plus considérable de la partie soluble des cendres des liquides de l'organisme; dans la plupart de ces liquides, notamment dans le sang, les proportions du chlorure de sodium sont à peu près constantes et indépendantes de la quantité de sel marin ingérée par les aliments. La distribution de ce sel dans l'économie n'est pas fortuite: tandis qu'il s'élève à un chiffre élevé dans le chyle, la lymphe, l'albumine des œufs, et en général dans tous les liquides alcalins, on n'en trouve au contraire que des traces dans les globules du sang, le liquide musculaire, le thymus, le jaune d'œuf. La quantité de chlorure de sodium renfermée dans le sérum du sang est, jusqu'à un certain point, en raison inverse de la quantité d'albumine contenue dans ce liquide; moins il y a d'albumine, plus on y trouve de chlorure de sodium.

La proportion de ce sel s'accroît encore davantage dans les sécrétions. Elle est surtout notable (elle s'élève à 10 ou 12 pour 100 du poids des principes solides) dans la salive, le suc gastrique, le mucus, le pus, les exsudations inflammatoires. Nous reviendrons plus loin sur le rôle physiologique du sel marin, en nous occupant des transmutations de l'organisme.

Le *carbonate de soude* ne se forme en général que par l'incinération des matières organiques ; cependant il préexiste aussi dans le sang, la lymphe, les sécrétions, la salive et l'urine des herbivores. Il sera question plus tard des fonctions qu'il remplit.

Les *phosphates alcalins* se rencontrent en proportions très variables dans la plupart des liquides de l'économie : ils dominent surtout dans les parties où les sels de soude, et notamment le sel marin, sont plus rares : ainsi, dans les globules du sang, dans le jaune d'œuf, dans les liquides des muscles et du thymus ; ils existent au contraire en très faibles proportions dans les liquides alcalins, par exemple, dans le sérum du sang, le blanc d'œuf, etc. Comme ils abondent dans les liquides acides, par exemple, dans le liquide dont les muscles sont imprégnés, c'est surtout le biphosphate de potasse qu'il faut y admettre.

La quantité des phosphates alcalins qu'on rencontre dans l'urine dépend, comme pour les phosphates terreux et le chlorure de sodium, des proportions qu'en renferment les aliments, ainsi que de la consommation plus ou moins grande qui s'en fait dans les transmutations de l'organisme.

Comme les aliments végétaux y introduisent principalement des phosphates terreux, il est probable que les phosphates alcalins ne sont que le résultat d'une double décomposition effectuée au sein même de l'économie. Le rôle physiologique des phosphates alcalins sera exposé plus loin.

Le *fer* se trouve dans l'organisme à l'état de chlorure

(dans le suc gastrique), de phosphate (dans le liquide de la rate); il entre aussi dans la composition de la matière colorante (hématosine) des globules du sang. Les fonctions du fer sont sans doute importantes, puisqu'on le découvre jusque dans les cendres du lait et de l'œuf; mais elles n'ont pas encore été éclaircies.

C'est le foie surtout qui sécrète le fer; du moins on rencontre cet élément dans la bile.

Nos aliments, nos boissons habituelles, renferment des proportions de fer considérables; l'origine de ce métal dans le corps est donc aisée à concevoir.

Substances minérales accidentelles.

46. Nous rangeons dans cette catégorie les substances suivantes :

Sulfates alcalins,
Carbonate de magnésie,
Manganèse,
Arsenic,
Cuivre,
Plomb,
Sels ammoniacaux,
Sulfocyanure de sodium.

Les *sulfates alcalins* préexistent dans presque tous les liquides de l'économie; ils sont toujours peu abondants, si ce n'est dans l'urine. Il est vrai que les analyses du sang et des autres liquides, chargés de principes albuminoïdes, ont toujours donné des quantités assez notables de sulfates; mais ces sels sont, en plus grande

partie, les produits de l'incinération des corps albuminoïdes sulfurés. Très peu de sulfates préexistent dans le sang, car les reins les en éloignent presque immédiatement après leur apparition dans ce liquide.

D'après cela, l'urine contient des sulfates en proportions éminemment variables, suivant que ces sels arrivent du dehors dans l'organisme en quantité plus ou moins grande. Le lait et les œufs non couvés en manquent complétement; il en faut conclure que les sulfates n'ont à remplir dans la nutrition aucun rôle particulier, et qu'ils ne sont que des produits destinés à être évacués.

On assure, et ce serait là un fait digne de remarque, que les os des reptiles et des poissons renferment des quantités assez notables de sulfates tout formés.

Le *carbonate de magnésie* est fort rare; on ne le trouve que dans les os et dans les concrétions; l'urine des herbivores en renferme souvent des proportions plus sensibles. Les céréales et les plantes herbacées contenant de la magnésie, le plus souvent à l'état de phosphate et rarement à l'état de carbonate ou de sel organique; il est à présumer que le carbonate de cette base n'est qu'un résultat des transmutations de l'organisme.

Le *manganèse* accompagne le fer, en proportions très minimes, comme dans le règne minéral. Comme le fer, il est particulièrement sécrété par le foie et se rencontre dans la bile.

L'*arsenic* a été longtemps considéré comme un élément constant de l'organisme; il paraît cependant que ce n'est que dans des circonstances exceptionnellees, particuliè-

rement favorables, qu'il peut s'y introduire, pour être alors sécrété par le foie.

Le *cuivre* et le *plomb* passent également pour se trouver en petite quantité dans l'organisme des animaux supérieurs; toutefois on n'a que rarement constaté avec certitude la présence de ces métaux dans la bile et les calculs biliaires de l'homme et du bœuf. Le cuivre a été observé comme un élément intégrant du sang bleu de quelques ascidies, céphalopodes et autres mollusques.

Les *sels ammoniacaux* sont aussi bien moins abondants qu'on ne l'avait cru; l'urine normale elle-même en renferme extrêmement peu. L'ammoniaque n'y prend naissance, comme dans la sueur, qu'après l'exposition de ces liquides à l'air.

L'ammoniaque qui a été trouvée dans l'air expiré paraît aussi ne pas provenir directement du sang. Ce n'est que dans le suc gastrique qu'on a démontré avec certitude la présence de petites quantités de sel ammoniac; toutefois, dans certaines maladies graves, on trouve des sels ammoniacaux, notamment du carbonate d'ammoniaque, dans le suc gastrique, dans le sang, et surtout dans l'urine.

Le *sulfocyanure de sodium* n'a été trouvé jusqu'ici, d'une manière assez constante, que dans la salive, en proportion très minime. L'origine et le rôle de ce sel sont inconnus.

DEUXIÈME PARTIE.

LIQUIDES ET TISSUS DE L'ORGANISME.

I. — Liquides.

47. Nous avons indiqué, dans l'Introduction, la manière dont nous entendons traiter cette partie de la chimie physiologique. L'étude en présente de nombreuses exigences auxquelles il est souvent difficile de satisfaire complétement; aussi nos connaissances relatives aux liquides et aux tissus offrent encore plus de lacunes qu'on n'en rencontre dans l'histoire des principes qui entrent dans leur composition; en effet, il est extrêmement difficile de se procurer, dans un état de pureté suffisante, les matériaux destinés à cette étude, et même pour certains liquides, comme pour le suc intestinal, on n'a pas encore pu y parvenir.

L'analyse, d'ailleurs, rencontre ici des obstacles plus difficiles à surmonter que partout ailleurs. La plupart des composés albuminoïdes contenus dans les liquides de l'organisme sont trop peu connus pour pouvoir être nettement distingués et séparés. Souvent certaines substances dont la connaissance donnerait la clef du rôle physiologique d'un liquide, y sont renfermées en proportions trop faibles pour se prêter à des recherches exactes.

Ajoutons à cela que les principes minéraux des liquides et des tissus ne sont aussi qu'imparfaitement étudiés (43). Enfin, toutes ces difficultés se compliquent souvent de cette circonstance que certains liquides tiennent en suspension des particules solides, qu'on ne parvient à enlever par aucun procédé mécanique, et qui s'opposent ainsi à la purification des matériaux soumis à l'examen. Aussi les analyses quantitatives des liquides ne peuvent prétendre à un certain degré d'exactitude relative que si elles sont contrôlées par différentes méthodes d'investigation.

Cette imperfection de nos connaissances est naturellement cause qu'il est souvent difficile de préciser le rôle physiologique d'un liquide, c'est-à-dire de déterminer son origine, ses usages, ses transformations. Sans doute l'appréciation numérique de ses parties constituantes fournit toujours des données qui permettent à ce sujet de limiter les hypothèses, et qui jettent quelque lumière sur la partie mécanique des transmutations de l'organisme; mais elles ne suffisent pas pour asseoir sur une base solide la théorie des transformations chimiques qui s'accomplissent dans l'économie animale, et pour l'interprétation desquelles on est encore obligé de se contenter d'hypothèses plus ou moins rationnelles.

Sang.

48. Le sang est le liquide qui circule dans le corps des animaux supérieurs; il est contenu dans des vaisseaux à parois plus ou moins élastiques, et mis en mouvement à l'aide d'appareils particuliers.

Ses propriétés physiques sont les suivantes : il est liquide, sensiblement plus pesant que l'eau (densité moyenne de 1,055), d'une couleur rouge-cerise claire (le sang artériel est toujours d'un rouge plus vif, le sang veineux d'une nuance plus foncée), très peu transparent. Dès qu'il est soustrait à la circulation, il devient visqueux, d'une consistance gélatineuse (il se coagule) et finit par se séparer en deux parties, savoir : en une masse solide épaisse, ordinairement rouge-foncé (le *caillot* ou *cruor*) et en un liquide assez clair, légèrement coloré en jaune (le *sérum*).

Le poids spécifique du sang humain varie, selon les conditions physiologiques, de 1,045 à 1,075; il est moindre chez les femmes que chez les hommes; il est également moindre chez les enfants que chez les adultes; il diminue pendant la grossesse.

Sa chaleur spécifique augmente avec sa densité.

La coagulation du sang présente trois temps : deux à cinq minutes après son extraction, il devient visqueux et prend à peu près la consistance d'une gelée; ce phénomène commence par la surface et s'étend ensuite de haut en bas; puis il se produit à la surface une couche liquide incolore ou légèrement jaunâtre, qui augmente à mesure que la masse rouge gélatineuse diminue de volume et devient plus dense; après douze à quarante heures, le caillot cesse de se contracter et la production du sérum semble s'arrêter. Ordinairement le caillot présente alors en petit la forme du vase dans lequel le sang s'est coagulé. Sa partie inférieure présente une couleur rouge plus foncée que le sang primitif, sa partie supérieure, au

contraire, une couleur plus claire. Le sang de l'homme se coagule plus lentement que celui de la femme, et le caillot qui s'en sépare se contracte d'ordinaire plus fortement. Le sang artériel se fige plus rapidement que le sang veineux. La coagulation est hâtée par l'accès de l'air. Lorsqu'on agite ou qu'on bat du sang récemment extrait, il ne se forme pas un coagulum unique, mais bien un certain nombre de petits flocons ou de grumeaux plus ou moins colorés en rouge.

49. Lorsqu'on examine le sang au microscope, on y découvre, outre un liquide (sérum) qui tient en dissolution diverses substances, des parties solides indissoutes, ayant une forme propre; le liquide est incolore et la plupart des corpuscules en suspension sont colorés.

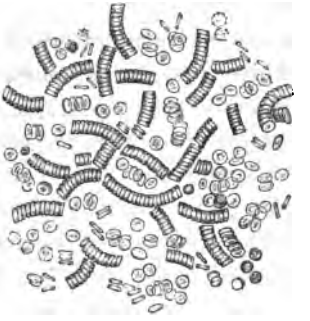


Fig. 17. Globules du sang.

Les corpuscules colorés ou globules du sang (fig. 17), dont le poids surpasse de beaucoup celui des parties solides incolores, forment, chez l'homme, des disques circulaires épais, légèrement biconcaves, formés d'une enveloppe membraneuse incolore, laquelle renferme un liquide visqueux rouge, qui paraît jaune par transparence, et dans lequel on aperçoit parfois un ou plusieurs granules amorphes.

Les globules de la plupart des mammifères présentent généralement aussi la forme de disques circulaires; toutefois ceux du chameau, du dromadaire, du lama sont elliptiques et biconvexes. Les oiseaux ont des globules ovales allongés, renflés vers le centre, amincis sur les bords; les globules des amphibies sont ovales et fort convexes.

Le diamètre des globules de l'homme est en moyenne de $0^{mm},0075$; chez l'embryon, ce diamètre est un peu plus grand qu'après la naissance. Chez la plupart des mammifères, il est un peu moindre que chez l'homme; dans les amphibies, il est beaucoup plus grand (il atteint jusqu'à $0^{mm},0316$).

A côté des globules colorés, on trouve toujours des globules incolores (globules de la lymphe), de forme plus sensiblement sphérique, d'un diamètre plus considérable ($0^{mm},0113$), et présentant des granulations à leur surface; ils renferment un ou plusieurs noyaux arrondis, ovales ou réniformes; ils sont plus légers que les corpuscules colorés, et demeurent, pour cette raison, en partie suspendus dans le sérum, ou se rassemblent de préférence dans les couches supérieures du cruor. Pour 400 globules colorés, on trouve environ 1 globule incolore dans le sang normal.

Outre les corpuscules dont nous venons de parler, on rencontre dans le sang liquide d'autres particules microscopiques, telles que des gouttelettes de graisse, et quelquefois de rares cellules épithéliales.

Le sang doit la propriété de se coaguler à la fibrine qu'il contient. Le caillot se compose de la fibrine qui, en se

coagulant, emprisonne les globules et les autres matières solides ; il est toujours fortement imprégné de sérum.

Le caillot, en se contractant, expulse peu à peu le sérum qu'il retenait ; celui-ci présente une composition constante pendant toute la durée de la contraction ; son poids spécifique diffère toujours fort peu de 1,028.

Il va sans dire que les globules et la matière visqueuse qu'ils contiennent ont une composition différente de celle du sérum ; toutefois, à cause de la facile diffusion de certains éléments du sang, on devrait s'attendre à trouver ceux-ci à peu près uniformément répandus dans le contenu des globules et dans le sérum. Il n'en est pourtant pas ainsi.

Pour le faire ressortir clairement, comparons entre eux les résultats tirés des meilleures analyses des deux matières :

1000 parties de globules renferment:		1000 parties de sérum renferment:	
Eau	688,0000		902,90
Principes solides	312,0000		97,10
Densité	1,0885		1,025
Hématosine	16,75	Fibrine	4,05
Hématocristalline	241,07	Albumine	78,84
Membrane cellulaire	41,415		
Corps gras	2,31		1,72
Matières extractives	2,60		3,94
Substances minérales (sans le fer)	8,12		8,55
Chlore	1,686		3,644
Acide sulfurique	0,066		0,115
— phosphorique	1,134		0,191
Potassium	3,328		0,323
Sodium	1,052		3,344
Oxygène	0,667		0,403
Phosphate de chaux	0,114		0,311
— magnésie	0,073		0,222

50. Les propriétés physiques des globules du sang ne sont pas sans influence sur les modifications que le sang éprouve dans certaines conditions physiologiques et pathologiques. Pour apprécier ces modifications, il faut toujours se rappeler que les globules sont des utricules qui ne sont jamais remplies du liquide rouge visqueux au point d'être tendues, et que, notamment pendant la circulation, il s'opère toujours des échanges par voie d'endosmose entre ce liquide et le sérum, par suite desquels les cellules se tendent et se distendent plus ou moins; il faut aussi considérer que le poids spécifique des globules varie selon qu'une quantité plus ou moins considérable de liquide y a pénétré. Ce sont surtout ces différences dans leur densité qui expliquent pourquoi ces corpuscules ne se précipitent pas avec la même facilité. Lorsqu'on examine divers échantillons de sang, on remarque en effet que les globules colorés ont à des degrés fort différents la propriété de se rassembler à quelque distance au-dessous de la surface libre, et qu'à partir de cette surface il se forme une couche liquide incolore, plus ou moins épaisse, dans laquelle les globules manquent absolument.

Le poids spécifique des globules augmente lorsque, par l'endosmose, ils perdent relativement plus d'eau que le liquide qui les environne; il diminue, au contraire, lorsque le sérum étant devenu plus aqueux, une quantité d'eau plus considérable pénètre dans l'intérieur des globules. La perte d'eau peut être causée soit par l'évaporation, soit par l'addition de petites quantités de sels alcalins, de sucre ou de gomme. De même, les

globules peuvent aussi augmenter de densité, en perdant des sels ou des matières albuminoïdes (hématocristalline); c'est ce qui arrive, par exemple, pendant la circulation, après des saignées répétées; l'hématosine reste alors dans les globules en quantité relativement plus grande; sa richesse en fer explique l'augmentation de la densité des globules. D'autre part, le poids spécifique des globules peut encore diminuer lorsque la quantité relative de granules de matière grasse qu'ils renferment s'élève à un chiffre élevé, ou que par suite d'une dilution artificielle du sang, ils se gorgent d'une grande quantité d'eau.

Si la précipitation des globules au-dessous de la surface libre du liquide dépend en effet de leur densité, elle devra s'effectuer plus facilement lorsque ces globules viennent, ainsi qu'ils en ont la propriété, s'attacher les uns aux autres et former un assemblage semblable à une pile de pièces de monnaie. Ces piles ne s'observent jamais dans le sang récemment extrait; la soudure des globules ne se fait en général que sous le microscope, par suite d'une évaporation partielle de l'eau.

On expliquait autrefois la facilité avec laquelle les globules se précipitent, en l'attribuant uniquement à la propriété qu'ils possèdent de se souder; mais comme ils se précipitent plus promptement et sans se souder quand on ajoute au sang une solution de sucre ou de gomme, il est évident que la précipitation ne dépend pas seulement de cette propriété. On admettait, d'ailleurs, que le sérum devenait plus ou moins visqueux, selon qu'il

renfermait des quantités plus ou moins considérables de fibrine ou d'albumine; mais cette explication ne saurait être admise, lors même qu'on ne tiendrait pas compte de ce fait que les globules se précipitent souvent très facilement après qu'on a retiré artificiellement la fibrine, ou quand le sérum renferme très peu d'albumine (ainsi que cela arrive dans les maladies inflammatoires). En effet, c'est précisément quand le liquide est visqueux que les particules qu'il tient en suspension s'attachent le plus difficilement les unes aux autres; on pourrait tout au plus expliquer la soudure des globules en admettant que les parois extérieures des globules sont gluantes. L'acide carbonique qui porte les globules à s'agréger, paraît du moins distendre ces parois et les rendre ainsi plus gluantes. Au reste, la disposition des globules en piles paraît souvent n'être que la conséquence de la plus grande facilité avec laquelle ils se précipitent. Il arrive nécessairement que les globules tombés à la partie inférieure du liquide, et conséquemment plus rapprochés les uns des autres, se soudent par leurs faces planes.

Les faits suivants justifient l'interprétation que nous venons de donner : Les globules du cheval se distinguent de ceux de tous les autres animaux par la grande facilité avec laquelle ils se précipitent; cette facilité diminue successivement dans les animaux suivants : cheval, chat, chien, lapin, chèvre, brebis, bœuf, oiseaux, cochon. Le sérum du sang de cheval est à la vérité très visqueux; mais les globules de ce sang se précipitent tout aussi rapidement quand on les transporte dans le

sérum d'un autre animal, et la précipitation des globules des autres animaux ne se fait pas plus rapidement dans le sérum de cheval que dans leur propre sérum. Les globules du cheval sont relativement moins riches en matières grasses que ceux des autres animaux. La précipitation des globules du sang extrait pendant les inflammations se fait plus rapidement que celle des globules du sang normal ; le premier est plus riche en acide carbonique et moins riche en albumine que le second ; lorsqu'il est défibriné, ses globules se précipitent aussi rapidement que lorsqu'il ne l'est pas ; il est à remarquer que ce sang est très riche en fibrine.

51. Le degré de coloration du sang dépend en grande partie de la configuration des globules ; il est donc déterminé par des conditions physiques. On admet que le sang paraît clair, lorsque, par leur contraction, les globules présentent deux faces ressemblant à des miroirs concaves ; qu'il paraît au contraire plus coloré, quand les globules, gonflés par endosmose, et ressemblant à des miroirs convexes, diffusent davantage la lumière dans la masse du liquide. Cette manière de voir est appuyée par cette observation que toutes les substances qui agissent sur le sang en enlevant de l'eau aux globules et augmentant ainsi leur dépression centrale (sels alcalins, dissolution sucrée, etc.), sans exercer sur le sang aucune action décomposante, font paraître ce liquide d'un rouge clair et même d'un rouge vermillon vif ; tandis que des corps tels que l'eau, l'éther, les acides organiques étendus qui gonflent les globules et les rendent presque sphériques, déterminent une coloration

rouge bleuâtre foncée. Cependant la forme des surfaces diffusantes des globules ne peut avoir qu'une importance relative dans la coloration du sang ; chez les amphibies, par exemple, où les globules sont biconvexes, et ne peuvent jamais être rendus concaves, les sels alcalins et les solutions concentrées de sucre rendent le sang rouge clair.

Les sels qui colorent en rouge vermeil le sang des mammifères, des oiseaux et des amphibies sont les suivants : sulfates et nitrates de potasse et de soude, chlorure de potassium, phosphate de soude, carbonate et bicarbonate de soude, ferrocyanure de potassium, borax, iodure et sulfocyanure de potassium, sel ammoniac, sulfate de magnésie, etc.

L'épaisseur et les plis de la membrane enveloppante ne doivent pas être sans influence sur le degré de coloration du sang. Si les globules sont presque vides, la membrane sera plus épaisse ; s'ils sont gonflés, elle sera plus mince, et par suite la matière colorante intérieure apparaîtra avec sa couleur propre, d'un rouge très foncé, absolument comme une liqueur rouge-foncé paraît telle dans un verre opalin peu épais, tandis qu'elle semble rouge-clair quand ce verre a une épaisseur plus grande. C'est pourquoi toutes les substances qui font crever la membrane enveloppante ou qui la dissolvent, par exemple l'acide acétique, les alcalis, etc., feront paraître le sang rouge foncé, la matière colorante se divisant dans le sérum ou conservant sa couleur propre.

L'épaississement, les plis, les rides de la membrane enveloppante s'observent surtout très bien sur les glo-

bules des amphibies. Lorsqu'on examine au microscope le sang de ces animaux après l'avoir coloré en rouge-clair par les sels mentionnés plus haut, on voit les globules tellement contractés, qu'ils ressemblent à des feuillets elliptiques chiffonnés ou à des lambeaux plissés et tachetés.

D'après certains observateurs, l'oxygène contracterait les globules, le gaz carbonique, au contraire, les dilaterait ; ils expliquent ainsi la couleur plus claire du sang artériel et la couleur plus sombre du sang veineux.

Certaines substances incolores solides, réfléchissant plus ou moins fortement la lumière, lorsqu'elles sont éparpillées entre les globules, font également paraître le sang d'un rouge plus clair. Ce cas se présente lorsque le sang renferme une quantité notable de matière grasse, ainsi qu'on l'observe chez les ivrognes ou après l'ingestion de beaucoup de graisse, ou qu'il est chargé de globules lymphatiques, comme dans les leucémies ; il offre alors une teinte rouge plus claire, absolument comme le sang normal auquel on a ajouté du lait, une émulsion d'huile ou du plâtre en poussière.

La solution rouge-foncé de l'hématocristalline, devient rouge-clair dès qu'il s'en sépare des cristaux.

Souvent, quand on examine le sang au microscope, on trouve aux globules une forme qui résulte d'une évaporation assez forte ou de l'addition des sels alcalins ; les globules paraissent plus isolés, aplatis, dentelés, crénelés, étoilés, ou, en général, déchiquetés. Dans le sang frais, même dans celui qu'on retire des malades, on n'observe jamais de pareilles formes. En s'aidant de bons

microscopes, on reconnaît que ces apparences sont dues aux nombreux plis de la membrane enveloppante.

On se tromperait si l'on voulait attribuer les divers degrés de coloration du sang uniquement à des causes physiques différentes, car certains réactifs chimiques peuvent également modifier la nuance de la matière colorante. Tels sont l'oxygène et l'acide carbonique. On n'a pas encore, il est vrai, démontré l'existence de combinaisons spéciales de cette matière colorante avec les gaz précédents ; toutefois, les faits que nous allons citer semblent autoriser à admettre l'existence de semblables combinaisons.

Le sang artériel, ou le sang saturé d'oxygène, examiné sous une faible épaisseur, paraît d'un beau rouge écarlate, rouge jaunâtre clair, ou même couleur isabelle ; le sang veineux ou le sang imprégné d'acide carbonique, d'hydrogène ou d'azote, paraît, au contraire, pourpre sous une faible épaisseur, vert sous une épaisseur plus petite encore ; le sang veineux est donc dichroïque, le sang artériel ne l'est pas. Comme l'hématosine préparée artificiellement est monochroïque ou dichroïque selon qu'on y ajoute des acides ou des alcalis, il serait fort possible que les différences de coloration qu'on observe en faisant agir sur le sang de l'oxygène ou de l'acide carbonique, ne provinssent pas exclusivement de causes physiques.

Le sang étendu d'une quantité d'eau suffisante pour qu'on n'y aperçoive plus au microscope aucun globule, prend toujours, par l'action de l'oxygène, une couleur plus vive ; par l'action de l'acide carbonique, une cou-

leur plus sombre. La dissolution rouge-foncé d'hématocristalline subit les mêmes changements. Les mêmes gaz peuvent se combiner chimiquement avec d'autres matières albuminoïdes ; en effet, une solution de globuline de cristallin est entièrement précipitée par l'acide carbonique ; l'addition de l'oxygène redissout le précipité ; par contre, l'hématocristalline métamère traitée par l'acide acétique et les alcalis, présente le phénomène inverse ; elle est précipitée de sa dissolution par l'oxygène et redissoute par l'acide acétique. D'ailleurs, nous verrons plus loin que c'est par l'effet d'une nécessité physique que l'oxygène est chimiquement absorbé par la matière même contenue dans les globules.

Après ce que nous avons dit plus haut, il est à peine nécessaire de rappeler que les acides étendus exercent aussi une action chimique sur la membrane enveloppante des globules ; les sels également dont l'action se manifeste d'abord par une contraction des globules et par une coloration moins intense du sang, exercent peu à peu une action décomposante sur les enveloppes, de sorte que les globules subissent non-seulement un changement de forme, mais qu'ils sont entièrement détruits après un temps plus ou moins long ; d'où résulte que la couleur, primitivement rouge vif du sang, se change en une couleur rouge sombre. Les sulfates et nitrates alcalins, conservent pendant assez longtemps au sang sa couleur vermeille. Au contraire, cette couleur passe bientôt au rouge sombre, si l'on y fait agir les carbonates alcalins ou du sel ammoniac.

Les globules du sang possèdent une autre propriété

physique : quand on filtre le sang, la majeure partie des globules traverse le papier ; ils perdent cette propriété lorsqu'on ajoute au sang des solutions concentrées de certains sels, notamment de sulfate de soude ou de nitrate de potasse. Toutefois, quelque temps après l'addition de ces sels, les globules se rassemblent en grumeaux, deviennent rouge foncé et traversent ensuite le filtre.

Si l'on fait arriver de l'oxygène dans le liquide contenu dans le filtre, le passage des globules se trouve un peu retardé.

Nous avons énuméré plus haut (p. 115) les principes qui entrent dans la composition des globules, et fait connaître leurs proportions relatives.

52. La membrane enveloppante des globules qu'on a considérée à tort comme de la fibrine, forme, à l'état de pureté et quand elle est encore humide, une masse blanc grisâtre, gluante, qui fait gelée dans l'acide acétique et les alcalis étendus, et ne se dissout pas dans l'eau chargée de salpêtre, même après une digestion longtemps prolongée à la température de 37 degrés. Elle ne contient pas de soufre, et présente, avec les acides nitrique et chlorhydrique, les caractères des corps albuminoïdes.

Si, à du sang frais, on ajoute de l'acide acétique ou des alcalis caustiques étendus, il se colore en rouge plus sombre, devient filant et gélatineux ; au microscope, on ne voit plus alors de globules. Dans ce cas, les enveloppes ne sont pas dissoutes, mais extrêmement gonflées, ce qui communique de la viscosité au sang. Si l'on y ajoute une

dissolution saline ou de l'iode, on fait reparaître les enveloppes, mais les globules sont alors détruits.

Voici comment on peut se procurer la matière des enveloppes : Les cristaux d'hématocristalline qu'on extrait du liquide dont le caillot est imprégné, sont entremêlés de beaucoup d'enveloppes de globules ; on lave ces cristaux d'abord à l'eau alcoolisée jusqu'à ce que le nitrate d'argent ne produise plus de précipité, puis à l'eau distillée. L'hématocristalline se dissout alors, et l'on recueille ainsi la matière membraneuse qui est insoluble. On achève de la purifier par l'alcool et l'éther.

Cette matière n'offre pas toujours les mêmes caractères. Lorsqu'on ajoute de l'eau (de l'éther ou de l'acide acétique) à un sang quelconque, une partie des globules qu'il renferme, disparaît tout de suite au moyen d'une très petite quantité de liquide, tandis qu'une autre partie reste sans altération même après l'addition d'un grand excès d'eau. Les globules du sang des veines hépatiques se distinguent des globules du sang de tous les autres vaisseaux en ce qu'ils ne disparaissent jamais complétement par l'addition de l'eau, et qu'ils forment un sédiment copieux au fond du vase contenant le sang ainsi étendu.

L'imperfection des méthodes empêche de déterminer exactement le rapport entre le poids des globules et celui du sérum ; on peut admettre en moyenne 51,2 pour 100 de globules humides dans le sang des adultes (la proportion varie de 47,2 à 54,2) ; le sang de la femme, surtout durant la grossesse, est moins riche ; il s'appauvrit toujours après des pertes répétées de sang ou d'autres liquides. Le sang du porc est plus riche en glo-

bules que celui des autres animaux ; celui des amphibies en renferme fort peu.

Dans ces derniers temps, on a essayé de compter les globules; on a trouvé ainsi dans un millimètre cube de sang humain normal de 4 600 000 à 5 055 000 globules.

Anciennement, on déterminait le poids des globules desséchés pour le comparer avec le poids total du sang (59). On a trouvé ainsi, en moyenne, dans le sang normal, 13 pour 100 de globules supposés secs.

L'hématosine et la globuline étaient regardées autrefois comme les éléments principaux du liquide visqueux contenu dans les globules. La globuline était considérée comme identique avec la matière albumineuse du cristallin de l'œil. Ceci n'est cependant pas exact. Pour n'indiquer qu'une seule différence entre ces deux matières, rappelons que la globuline du cristallin est précipitée de sa dissolution aqueuse par un courant d'acide carbonique, tandis qu'il n'en est pas ainsi de la matière contenue dans les globules du sang. La première n'est pas susceptible de cristalliser, tandis que le corps albuminoïde des globules, *l'hématocristalline*, se distingue de toutes les substances analogues par sa faculté de cristalliser. A vrai dire, cependant, l'hématocristalline ne prend naissance qu'à la suite de l'action de l'oxygène, de l'acide carbonique et de la lumière sur la matière albuminoïde des globules. Il est à remarquer que ce corps, extrait du sang d'animaux différents, présente, en général, les mêmes propriétés ; cependant, il affecte des formes cristallines différentes et varie sous le rapport de la solubilité ; on a observé l'hématocristalline

sous la forme prismatique, tétraédrique, rhomboédrique et hexagonale. Dans les globules humides on trouve de 18 à 26 pour 100 d'hématocristalline ; la proportion de cette substance, dans le sang total, est de 9 à 12 pour 100.

53. La substance que l'on décrit dans les traités sous le nom d'*hématosine*, n'existe pas toute formée dans le sang ; elle est un produit de la transformation de la matière colorante de ce liquide. Contenue dans le sang sous forme soluble, elle ne peut être, ni séparée d'une manière complète de l'hématocristalline, ni préparée à l'état soluble parfaitement pure. Si l'on consent à admettre que la matière colorante soluble qui s'attache à l'hématocristalline, est identique avec l'hématosine artificielle, et contient, comme elle, 6,93 pour 100 de fer, on arrive à la conclusion que les globules du sang de l'homme adulte renferment de 16 à 17 pour 100 d'hématosine.

D'après quelques observations, il semble probable que dans toutes les circonstances où le sang renferme une quantité d'eau considérable, il y a augmentation dans la proportion d'hématosine contenue dans les globules.

Une quantité notable des matières grasses du sang se trouve dans les globules ; elle s'élève dans les globules humides de 0, 2 à 3 pour 100. Ces matières grasses consistent en margarine, oléine, margarate et oléate de potasse, cholestérine, phosphoglycérate de potasse.

Suivant quelques déterminations, les globules du sang veineux sont plus riches en matières grasses que ceux du sang artériel.

Les meilleures analyses quantitatives du sang nous

Transsudations . . . . . 1[illegible]
Lait . . . . . [illegible]
Sperme . . . . . 1[illegible]
Liquides de l'œuf . . . . . 1[illegible]
Mucus 177
Salive . . . . . 17[illegible]
Suc gastrique . . . . . 1[illegible]
Bile . . . . . [illegible]
Suc pancréatique . . . . . [illegible]
Suc intestinal . . . . . 20[illegible]
Contenu de l'intestin . . . . . 20[illegible]
Sécrétion cutanée 217
Sueur 218
Urine . . . . . 22[illegible]
II. Tissus 246
Tissu osseux 248
Tissu dentaire 255
Tissu cartilagineux 257
Tissu cellulaire 260
Tissu élastique 261
Tissu corné 263
Tissu capillaire 265
Cellules fusiformes contractiles 267
Fibrilles des muscles striés 270
Tissu nerveux 274
Exsudations 285

TROISIÈME PARTIE. — Réactions chimiques de l'économie. 294
Forces et lois des mouvements organiques 294
Transmutations de l'organisme 302
Digestion 323
Respiration 344
Nutrition 371
Errata 396

FIN DE LA TABLE.

: dans le sang veineux
seulement le premier
: plus grande d'oxy-
, d'ailleurs, les deux
s quantités considéra-

u nombreuses, on a
rapport de l'oxygène
dans le sang veineux,
aux, des bœufs et des
10 à 12,5 centièmes
en azote de 1,7 à 3,3
vé dans le sang arté-
ie, dans le sang vei-

notamment dans les
chimique, très insta-
est plus possible de
ple, l'absorption de
ne, le sang, c'est-à-
rait en retenir que
ndis que nous avons
100. La quantité de
rtionnelle à la pres-
t les autres liquides);
à cela que l'hémato-
e des globules, est
voir absorbant pour
rbé peut être chassé

apprennent que les globules renferment, outre les principes organiques dont nous venons de parler, d'autres principes dont la nature est encore inconnue, et que l'on désigne sous le nom de *matières extractives*.

Quant aux éléments inorganiques, il résulte du tableau inscrit à la page 115 que, dans les globules, les phosphates et les sels de potasse existent, en quantités bien plus considérables, que les chlorures et les sels de soude.

Les globules du sang artériel sont toujours plus riches en sels que ceux du sang veineux; ceux du sang des veines hépatiques en renferment surtout des proportions considérables.

Le fer des globules fait exclusivement partie de la composition de l'hématosine.

54. C'est surtout dans les globules que sont renfermés les gaz dissous dans le sang : ce fait ressort d'abord de ce que le sang battu, renfermant, par conséquent, encore presque tous ses globules, possède un grand pouvoir absorbant pour les gaz, tandis que le sérum en absorbe à peine un peu plus que l'eau. Les gaz dont il s'agit sont l'oxygène, l'acide carbonique, l'azote. Le sang battu peut absorber une fois et demie son volume d'acide carbonique, et environ les 15 centièmes seulement de son volume d'oxygène. Quant à l'azote, il paraît qu'il n'est pas plus soluble dans le sang que dans l'eau.

Les combinaisons du sang avec ces divers gaz sont assez peu stables ; dans le vide, la presque totalité de ces fluides se dégage ; de plus, un gaz peut en être chassé en grande partie par un autre gaz. Les proportions d'azote

contenues dans le sang artériel et dans le sang veineux sont sensiblement les mêmes; seulement le premier contient une quantité relativement plus grande d'oxygène que le second. Dans le vide, d'ailleurs, les deux espèces de sang laissent dégager des quantités considérables de gaz.

D'après quelques expériences peu nombreuses, on a trouvé que dans le sang artériel le rapport de l'oxygène à l'acide carbonique est de 6 à 16; dans le sang veineux, de 4 à 16. Dans le sang des veaux, des bœufs et des chevaux on a trouvé en oxygène de 10 à 12,5 centièmes du volume de la masse liquide, et en azote de 1,7 à 3,3 centièmes; d'autre part, on a trouvé dans le sang artériel 66 centièmes d'acide carbonique, dans le sang veineux 78 centièmes.

Ces gaz sont, dans le sang, et notamment dans les globules, à l'état de combinaison chimique, très instable, il est vrai; c'est ce dont il n'est plus possible de douter actuellement. Si, par exemple, l'absorption de l'oxygène était purement mécanique, le sang, c'est-à-dire l'eau qu'il contient, ne pourrait en retenir que 0,925 pour 100 de son volume, tandis que nous avons vu qu'il en existe de 10 à 13 pour 100. La quantité de gaz absorbé devrait être aussi proportionnelle à la pression (comme cela arrive pour l'eau et les autres liquides); mais il n'en est pas ainsi. Ajoutons à cela que l'hématocristalline, la substance principale des globules, est douée, à un haut degré, d'un pouvoir absorbant pour les gaz, et que le gaz qu'elle a absorbé peut être chassé par un autre.

Les composés instables de l'ordre de ceux dont nous parlons, ne sont pas sans exemples en chimie. Le carbonate et le phosphate de soude peuvent absorber de grandes quantités d'acide carbonique; le gaz qui est alors entré en combinaison, peut être chassé par d'autres gaz, comme l'oxygène, ou par l'effet d'une forte diminution de pression; cette propriété, la globuline du cristallin la possède comme les sels précédents.

Que d'autres gaz puissent aussi former des combinaisons solides définies avec divers éléments, et notamment avec le contenu des globules, combinaisons plus difficiles à détruire par d'autres gaz indifférents, cela nous paraît évident; mais, il y a plus, certains gaz auxquels on n'attribue d'ordinaire que des affinités peu énergiques, par exemple l'oxyde de carbone et divers hydrocarbures, s'unissent si intimement avec les éléments des globules du sang, qu'il devient impossible, après cette combinaison, de ramener le sang à sa constitution primitive. Ces gaz colorent le sang presque en noir, détruisent les globules et décomposent l'hématocristalline; du moins une dissolution pure de cette substance perd, sous leur influence, non-seulement sa propriété de cristalliser, mais encore un grand nombre d'autres propriétés.

55. Dans le sang battu on trouve souvent des espèces de grumeaux semblables à la fibrine, mais dont la nature chimique se rapproche plutôt de celle de la substance cornée; ces grumeaux consistent en grande partie en cellules épithéliales, provenant soit de la tunique interne des vaisseaux sanguins, soit de débris détachés

de l'épiderme de l'observateur et tombés accidentellement dans le sang. On les a aussi considérés comme des amas d'enveloppes de globules détruits.

Les corpuscules incolores qu'on remarque dans le sang, ont entièrement les caractères des globules de mucus et de pus; nous y reviendrons en traitant des tissus, et nous les désignerons sous le nom de *corpuscules cytoïdes*. Leur nombre dans le sang est très variable, même dans l'état de santé. Il augmente beaucoup après des saignées, fréquemment répétées; il est fort considérable dans le sang des veines du foie et de la rate, ainsi que dans celui des personnes affectées de leucémie et de pyémie.

56. Parmi les éléments du sérum, la *fibrine* appelle immédiatement notre attention, à cause de la faculté qu'elle possède de se coaguler spontanément. Les propriétés de cette substance étant décrites dans tous les traités de chimie organique, nous nous occuperons ici seulement de sa coagulation dans le sang récemment extrait. Pour examiner ce phénomène au microscope, il convient de placer sur le porte-objet une goutte de sang dépouillé de globules, c'est-à-dire prise au moment où les globules commencent à s'enfoncer au-dessous du niveau du liquide, et avant qu'il se prenne en gelée. Alors on aperçoit çà et là, dans le champ, des granules isolés d'où partent bientôt des fils droits d'une extrême ténuité, et qui forment autant de rayons autour de chaque centre; ces rayons toutefois ne constituent pas des masses étoilées et régulières, comme celles qu'on observe dans une cristallisation; les fils s'allongent gra-

duellement, en passant sur les centres et en s'entrecroisant de mille manières; l'ensemble finit par présenter l'aspect d'une toile d'araignée embrouillée; ce lacis devient de plus en plus épais, en sorte qu'on n'y distingue qu'avec beaucoup de peine les corpuscules incolores qui s'y trouvent emprisonnés. Comme la fibrine, surtout celle des gouttes de sang desséchées, se présente sous forme de lamelles, plusieurs observateurs sont d'avis qu'en se coagulant, elle se sépare sous cette forme, et que son apparence fibreuse est due uniquement aux plissements des lamelles.

On ne connaît pas bien la cause qui maintient la fibrine en dissolution dans le sang pendant la circulation, et qui détermine sa coagulation en dehors de l'organisme; il est pourtant à croire que, par l'accès de l'air atmosphérique, c'est-à-dire de l'oxygène, la fibrine éprouve une transformation qui la rend insoluble dans le liquide alcalin du sang.

La coagulation spontanée de la fibrine est retardée par la présence, dans le sang, d'une grande quantité d'acide carbonique, par l'addition de dissolutions étendues de sulfates, nitrates, chlorures, carbonates et acétates alcalins; elle est tout à fait empêchée par des dissolutions concentrées des mêmes sels.

On n'a pas encore réussi à obtenir la fibrine parfaitement pure; cela tient à ce qu'elle retient toujours, en se coagulant, des éléments solides du sang, et en particulier des globules incolores.

La coagulation du sang normal ou malade présente diverses modifications; le temps au bout duquel elle

commence ou s'achève, est assez variable. Des circonstances très multiples peuvent influer sur sa durée. On accélère la séparation de la fibrine en agitant vivement le sang ; l'affluence de l'air ou de l'oxygène produit le même résultat ; c'est pourquoi le sang se coagule plus rapidement dans un vase large que dans un vase étroit, lorsqu'il sort goutte à goutte de la veine que lorsqu'il s'en écoule en jet unique. L'acide carbonique retarde la coagulation ; de là vient que dans les cyanoses et les inflammations le sang se coagule très lentement. Le sang aqueux se coagule plus rapidement ; mais le mélange d'une très grande quantité d'eau retarde le phénomène. Ce dernier cas se présente, en général, chez les femmes, surtout dans l'anémie ; leur sang se coagule bien plus lentement que celui des hommes ou des personnes bien portantes. On ne sait encore qu'imparfaitement jusqu'à quel point les sels cités plus haut, influent sur la durée de la coagulation du sang malade.

L'addition d'une dissolution d'albumine, de caséine ou de sucre, retarde également la coagulation du sang.

On n'a pas éclairci davantage l'influence de la température ; on sait seulement que lorsque le sang vient à se congeler, il se coagule après le dégel, absolument comme s'il n'avait pas été solidifié. La quantité de fibrine contenue dans le sang paraît être sans influence sur le phénomène.

On ignore pour quelle raison le sang ne se coagule pas dans les cadavres des personnes frappées de la foudre, de celles qui sont mortes par strangulation, par asphyxie, ou qui ont succombé à des poisons narcoti-

ques, tandis qu'il se fige très rapidement dans le cadavre des pestiférés ou de ceux qui ont été mordus par les vipères.

La consistance du caillot est aussi très variée. Les différences ne doivent pas être attribuées à des modifications chimiques dans la nature de la fibrine; elles dépendent de quelques causes mécaniques, notamment du rapport entre la masse des globules et celle de la fibrine. Si, en effet, le nombre des globules est peu considérable par rapport à la quantité de fibrine, celle-ci forme, en se contractant, une masse plus dense; si la quantité des globules l'emporte, il se forme un coagulum moins épais. De là résulte que la partie inférieure du caillot est plus molle, la partie supérieure plus épaisse. Le caillot, dans la chlorose, est petit et ferme; dans la pléthore, au contraire, il est mou et volumineux. La présence d'une grande quantité d'eau dans le sang détermine la formation d'un caillot toujours mou, d'apparence gélatineuse; on s'en assure en observant, soit du sang préalablement additionné d'une certaine quantité d'eau, soit du sang d'individus affectés d'hydrémie. L'acide carbonique et les sels dont la présence retarde la coagulation, communiquent au caillot une consistance plus molle. Dans le sang vermeil chargé d'oxygène, il se produit un coagulum dense et élastique; dans le sang chargé d'acide carbonique (cyanose, asphyxie), le coagulum est mou et gélatineux.

La forme du caillot dépend, sans doute, de celle du vase où la coagulation s'est produite; cependant d'autres circonstances peuvent encore la modifier. En effet,

la contraction du caillot est souvent plus prononcée vers la surface supérieure de la masse que vers le milieu ou vers le fond ; on trouve alors à la partie supérieure une couche plus ou moins épaisse de fibrine très dense (couenne fibrineuse ou inflammatoire) ; la surface se creuse au centre en forme de capsule, les bords se relèvent. Le contraire se présente lorsque, indépendamment du caillot, il s'est formé dans le sang un sédiment composé de globules colorés. Ces phénomènes dépendent du rapport qui existe entre le temps que la coagulation met à se produire, et celui au bout duquel se fait la précipitation des globules. Si ces derniers se précipitent au-dessous de la surface libre avant que la fibrine ait commencé à se séparer, la partie supérieure du caillot ne contiendra pas de globules rouges, elle paraîtra d'un blanc grisâtre, et se contractera plus fortement que la partie inférieure qui contient des globules ; de là résulte la dépression centrale et la saillie des bords. Si, au contraire, la coagulation de la fibrine se fait rapidement, et si les globules n'ont qu'une faible tendance à se précipiter, s'ils ne s'empilent pas les uns sur les autres, ils seront en partie expulsés du caillot pendant la contraction de la fibrine, et iront former au fond du vase le sédiment rouge dont nous avons parlé.

La production d'une couenne est favorisée, lorsqu'aux circonstances mentionnées plus haut, il s'ajoute quelques conditions secondaires, par exemple, une certaine forme du vase dans lequel s'accomplit le phénomène. Dans un vase élevé, étroit, il se forme souvent une couenne avec du sang qui n'en produirait point, s'il était renfermé

dans un vase large et plat. De plus, le nombre des globules n'est pas sans influence; le sang qui en renferme peu (celui des femmes enceintes, des chlorotiques, celui qu'on retire d'une seconde ou d'une troisième saignée), forme bien plus facilement une couenne inflammatoire que celui qui renferme beaucoup de globules (celui des pléthoriques par exemple). La présence d'une grande quantité de fibrine a, sans contredit, une certaine influence sur la formation de la couenne, mais cette cause est tout à fait secondaire.

Le sang extrait pendant les maladies inflammatoires forme très ordinairement une couenne. Le sang veineux des chevaux bien portants en produit une constamment; celle qui résulte de la coagulation du sang artériel est moins épaisse.

La quantité de fibrine, dans le sang normal de l'homme, varie très peu et seulement autour de 0,3 pour 100. On observe constamment une augmentation de cette quantité, qui peut alors être portée jusqu'à 1,3 pour 100, dans toutes les inflammations accompagnées de fièvre; elle est la plus grande possible dans les rhumatismes articulaires aigus; on ne connaît aucune maladie dans laquelle on observe, d'une manière constante, une diminution notable dans la quantité de fibrine. Le sang artériel contient ordinairement un peu plus de fibrine que le sang veineux; celui de la veine porte en renferme moins; celui de la veine de la rate en renferme très peu; enfin, il n'en existe pas du tout dans le sang des veines hépatiques.

Le sérum séparé du caillot contient parfois, notamment

dans certaines maladies, des particules indissoutes, en suspension, qui lui donnent un aspect laiteux ou du moins opalin ; ces particules consistent surtout en corpuscules de matières grasses, ou en granules d'albumine coagulée, peu riche en sels, ou en globules sanguins incolores.

57. La quantité d'*eau* contenue dans le sérum est, en général, proportionnelle à la quantité d'eau du sang total ou des globules en particulier ; lorsque le sérum contient beaucoup d'eau, le nombre des globules diminue ordinairement, d'où résulte aussi que le résidu solide du sang total est presque toujours beaucoup moindre dans de pareilles circonstances. D'autre part, il résulte cette loi physique que l'augmentation de la proportion d'eau du sérum entraîne l'augmentation de la quantité d'eau des globules.

Le sérum de l'homme adulte renferme environ 90,5 pour 100 d'eau ; celui de la femme, notamment dans la grossesse, en contient d'ordinaire un peu plus.

Toutes les conditions extérieures ou intérieures qui sont liées à une perte considérable de liquides, entraînent un appauvrissement du sang en éléments solides, et augmentent, au contraire, la proportion d'eau qu'il renferme ; le même phénomène se produit sans doute par une privation de nourriture ou par un trouble dans l'alimentation ; il s'ensuit que le sang devient plus aqueux dans la plupart des maladies, à l'exception de la première période du typhus, de la rougeole, de la fièvre scarlatine, du choléra.

Le sérum du sang artériel est moins aqueux que celui

du sang veineux; le sang de la veine porte renferme surtout beaucoup d'eau; toutefois le sang des veines hépatiques contient moins d'eau que celui des artères.

Le sang des amphibies renferme plus d'eau que celui des oiseaux, moins que celui des mammifères.

58. L'élément principal du sérum, c'est l'*albumine*. C'est aux dépens de cette substance que prennent naissance toutes les autres matières albuminoïdes, peut-être même tous les tissus azotés dans les transmutations de l'organisme. Les proportions d'albumine contenues dans le sang normal varient entre 6, 3 et 7,0 pour 100 (dans le sérum normal, entre 7,9 et 9,8 pour 100). Dans la plupart des maladies elles éprouvent une diminution plus ou moins considérable; une augmentation n'a été observée que dans les fièvres intermittentes et pendant le choléra. Pendant la digestion, ces proportions augmentent d'une manière sensible.

Le sérum du sang artériel contient moins d'albumine que celui du sang veineux; celui de la veine porte en renferme moins encore, tandis qu'il en existe une très grande quantité dans le sang des veines hépatiques.

Le sang humain renferme, en moyenne, plus d'albumine que celui de la plupart des mammifères.

Il est permis de douter encore, d'après les expériences faites jusqu'ici, que la *caséine* soit un élément constant du sang normal. Il est vrai que l'on trouve dans le sérum une substance qui a beaucoup d'analogie avec la caséine, et que l'on a nommée pour cette raison *caséine du sérum*. Cependant, on peut tout aussi bien la considérer comme de l'albumine pauvre en alcalis et en sels.

Cette caséine du sérum, suivant quelques observateurs, serait surtout abondante dans le sérum des femmes enceintes et dans celui des vaisseaux placentaires.

Les *matières grasses* du sérum renferment moins de stéarine, de margarine et d'oléine que d'acides stéarique, margarique et oléique et de cholestérine; ce que l'on nommait autrefois *séroline*, est un mélange des parties cristallisables de ces matières grasses. Dans l'extrait éthéré du sérum prédominent surtout les matières grasses cristallisables, tandis que celui des globules est plus huileux et coloré en jaune. Les matières phosphorées solubles dans l'éther, qui se trouvent dans les globules, manquent dans le sérum. La quantité des matières grasses, contenues dans le sérum, est assez variable; toutefois, à ce sujet, on ne possède aucune détermination exacte. Pendant la digestion, le sang se charge toujours d'une plus grande quantité de ces matières. Dans les maladies, les matières grasses ordinaires paraissent diminuer; la cholestérine, au contraire, semble augmenter. Le sérum des femmes est, en moyenne, plus chargé de matières grasses que celui des hommes. Le sang artériel en contient moins que le sang veineux; celui de la veine porte est le plus riche de tous.

Le *glucose* (sucre mamelonné) est encore un élément constant du sérum. Toutefois, dans les conditions normales, il n'y entre qu'en faible quantité. Dans le sang de bœuf, par exemple, on n'en a trouvé que 0,0007 pour 100. Après l'ingestion d'aliments féculents ou sucrés, les proportions du glucose peuvent augmenter beaucoup et atteindre 0,5 pour 100. Pourtant, chez les diabétiques

dont le sang contient toujours beaucoup de glucose, on n'en trouve rarement plus de 0,05 pour 100. Le sang de la veine-porte ne renferme que des traces de glucose, tandis que celui des veines hépatiques en est très chargé.

L'*urée* doit être comprise aussi parmi les éléments normaux du sang; elle y est cependant si peu abondante qu'il a été impossible, jusqu'ici, d'en faire un dosage exact.

On a également trouvé, d'une manière constante, l'*acide hippurique*, la *créatine* et la *créatinine*.

Il est vraisemblable que le sérum renferme une *matière colorante* propre jaune; mais l'existence n'en a pas été démontrée avec certitude.

La *matière colorante* et les *acides de la bile* se rencontrent souvent dans le sang de certains malades, de ceux même dont le foie ne paraît être le siége d'aucune affection; on n'a pas encore trouvé ces matières dans le sang normal.

L'*hypoxanthine* n'existe qu'en très faible quantité dans le sang; elle est plus abondante dans le sang de la rate, et dans tout le sang des malades affectés de leucémie.

La présence de l'*acide urique* n'a été établie, d'une manière certaine, que dans quelques maladies (concrétions arthritiques).

La *gélatine*, proprement dite, n'a été observée que dans la leucémie.

Les *acides formique*, *acétique*, *lactique*, sont sans doute contenus, en petites quantités, dans le sang (puisque les deux premiers existent si abondamment dans la sueur, le dernier dans les muscles); cependant, on n'a pu en-

core en constater la présence que dans le sang de la veine splénique et dans celui des individus affectés de leucémie.

Le sang de la plupart des animaux dégage une odeur particulière à chaque espèce, lorsqu'on le soumet à l'influence de la chaleur, et notamment lorsqu'on le mélange avec une fois et demie son volume d'acide sulfurique. L'odeur qui s'exhale du sang de chèvre, de brebis, de chat, est des plus caractéristiques. La nature des matières odorantes qui se dégagent ainsi, est inconnue; elles appartiennent sans doute à la classe des acides gras volatils.

Parmi les *principes minéraux* du sérum, le chlorure de sodium surtout est abondant (les cendres en renferment moyennement 61 pour 100); vient ensuite le carbonate de soude (28,9 pour 100); la proportion de chlorure de potassium, contenue dans les cendres, est assez variable (en moyenne, environ 4 pour 100); il en est de même du phosphate de soude (environ 3 pour 100); la quantité du sulfate de potasse dépend surtout du mode d'incinération.

La proportion des sels renfermés dans le sérum est en moyenne de 0,85 pour 100. Le sérum d'homme renferme une quantité plus considérable de matières salines que le sérum de femme; celui des adultes, une proportion plus forte que celui des enfants. Dans les inflammations vives, on a observé une grande diminution des sels; dans le choléra, une diminution plus grande encore; au contraire, dans les exanthèmes aigus, dans le typhus, la dysentérie, la maladie de Bright, et, en gé-

néral, dans les hydropisies et l'hydrémie, la proportion des sels s'est trouvée beaucoup augmentée.

Le sang artériel est un peu plus riche en sels que le sang veineux ; mais celui de la veine porte en contient encore plus que celui des artères. Après des saignées répétées, le sérum des dernières portions de sang renferme plus de sels que celui des premières.

Le carbonate d'ammoniaque ne se trouve, dans le sang, que dans des maladies graves, notamment pendant cet ensemble de symptômes auquel on a donné le nom d'*urémie ;* on le trouve par conséquent aussi dans le sang des cholériques.

On n'a encore trouvé l'*acide silicique* que dans le sang des poules.

59. Les procédés en usage pour l'analyse du sang n'offrent guère de précision. Dans l'examen du sang, il importe surtout de séparer d'abord les globules du liquide dont ils sont imprégnés ; or cette séparation ne réussit ni par la fitration ni par un autre moyen mécanique. Il a donc fallu avoir recours à des déterminations indirectes. Comme le caillot renferme ordinairement tous les globules, tandis que le sérum s'en sépare en plus grande partie à l'état de pureté, on a été conduit à analyser à part chacune de ces deux parties, et à attribuer au sérum toute l'eau trouvée dans le caillot. L'eau emprisonnée dans le caillot ne pouvant pas être déterminée directement, on a également considéré comme du sérum le liquide imprégnant les globules. Ainsi, après avoir déduit du résidu du caillot les éléments solides en dissolution dans l'eau (celle-ci étant supposée faire partie

du sérum), ainsi que la fibrine, on a envisagé le chiffre restant comme représentant le poids des parties solides des globules. Voilà la marche autrefois suivie et qui a donné en moyenne, comme nous l'avons déjà dit, de 12, 5 à 13, 0 pour 100 de globules supposés secs, pour le sang normal. Outre que cette méthode est fausse en principe, parce que les globules ne renferment et ne peuvent pas renfermer, dans leur intérieur, de véritable sérum, il est à remarquer que les écarts des résultats analytiques sont si considérables, qu'il est tout à fait impossible de les comparer ; car, à égale richesse en globules, le caillot retient, tantôt plus, tantôt moins de sérum, de sorte qu'en suivant la marche précédente, on retranche du résidu solide un chiffre tout à fait incertain, qui n'est dans aucun rapport constant avec la quantité des parties solides contenues dans les globules. On a cherché à perfectionner cette méthode de bien des manières, mais, quoi qu'on fasse, elle n'en restera pas moins très défectueuse, puisqu'elle repose sur un principe erroné.

Les globules, traversant plus difficilement le filtre si le sang a été préalablement mêlé de sulfate de soude ou de nitrate de potasse, ou a cru pouvoir déterminer la proportion du résidu solide des globules en ajoutant au sang une dissolution saturée du premier sel (1 vol. de sang pour 8 vol. de dissolution saline). Mais on réussit rarement à séparer ainsi les globules par le filtre sans qu'ils le traversent en partie, et même les sels indiqués n'effectuent pas la séparation des globules dans le sang de divers animaux et de certains malades. D'ailleurs,

en employant les solutions salines, on ne déterm
proprement parler, que les parties coagulables de
bules (car les globules imprégnés de la liqueur
ne peuvent être séparés du sel que par la dissolut
la coagulation), tandis qu'on perd tous les sels
parties non coagulables, propres aux globules.

Plus récemment on a tenté, par des méthodes
rectes, de déterminer approximativement la quant
la composition des globules.

Lorsque l'on compare entre elles les analyses du ca
et du sérum du même sang, on remarque que le ré
solide du caillot renferme toujours plus de sels de
tasse et de phosphates que de sels de soude et de cl
rures, tandis que le sérum renferme à lui seul la pres
totalité de ces derniers sels. On peut donc admettre q
dans le caillot, il existe une quantité de sérum corr
pondante à la soude ou au chlore, et calculer d'ap
cela les éléments faisant partie des globules. Toutef
comme, suivant toute probabilité, les globules ne se
pas tout à fait exempts de soude et de chlore, le calc
ne doit pas s'appuyer uniquement sur un point, sa
devenir par trop hasardé.

On a encore cherché à déterminer par des procéd
micrométriques, d'une part la quantité d'eau contenu
dans le sang, et de l'autre le volume du sérum empri
sonné dans le caillot. On a trouvé ainsi qu'en se dessé
chant sous le microscope un globule perd des 68 au
69 centièmes de son volume, et contient par conséquent
de 32 à 31 pour 100 d'éléments solides; on a également
trouvé que dans 100 volumes de caillot le plus contracté

possible, il y a encore 20 volumes environ de sérum emprisonné; les $\frac{4}{5}$ du volume du caillot proviendraient donc des globules.

Les personnes familiarisées avec les déterminations micrométriques ne méconnaîtront pas les incertitudes qui s'attachent à une semblable méthode. Cependant si l'on réunit les résultats obtenus par les trois procédés, on peut au moins trouver d'une manière approchée la valeur du sérum emprisonné dans le caillot. On a reconnu, par un semblable calcul, que dans l'analyse immédiate du sang on peut employer la première méthode, et que le nombre qu'elle fournit pour le poids des globules supposés secs, n'a qu'à être multiplié par 4 pour donner, au moins approximativement, le poids des globules humides, et servir ainsi à la détermination du poids du sérum contenu dans le caillot. La connaissance de ce poids permet de calculer la somme des éléments appartenant aux globules.

On a essayé, dans ces derniers temps, d'analyser le sang, en comptant aussi exactement que possible le nombre des globules contenus dans des volumes déterminés de sang frais et de sang additionné d'une quantité connue de sérum, et en déterminant d'une manière comparative la composition des deux liquides. On comprend que si l'on pouvait ajouter au sang une substance soluble qui ne pût se dissoudre que dans le sérum sans pénétrer par endosmose dans l'intérieur des globules, on aurait là le moyen le plus simple et le plus sûr pour déterminer la quantité de sérum emprisonnée dans le caillot. Il suffirait, en effet, après avoir noté le poids de

la substance ajoutée, de déterminer d'une part la qu tité de cette substance renfermée dans le caillot, et l'autre, celle qui se trouverait dans le sérum libre; saurait ainsi combien le caillot retiendrait encore sérum. Après déduction de cette dernière quantité et poids de la fibrine, on aurait le poids des globules mides. On a cru quelquefois avoir trouvé des substa de cette espèce; mais jusqu'ici on ne connaît en aucune matière par laquelle la membrane des glob ne puisse être traversée, et selon toute apparence il existe aucune qui empêche absolument les cou d'endosmose entre le contenu des cellules et le liq intercellulaire.

Quant à la détermination des autres éléments du nous rappellerons seulement que la matière que obtient, soit en battant le sang, soit en lavant le c très divisé, n'est point de la fibrine pure; qu'elle r toujours des corpuscules incolores et des débris veloppes des globules colorés; que l'albumin sérum alcalin ne peut jamais être déterminée très tement si l'on n'a pas soin de neutraliser ou tout au d'aciduler faiblement au préalable le liquide p l'acide acétique étendu.

60. Voici des faits assez bien établis, concern constitution particulière du sang, suivant les con physiologiques où il se trouve placé.

Diversité des sexes. Le sang de la femme peu moins rouge que celui de l'homme; sa den moindre; traité par l'acide sulfurique, il dévelop odeur de sueur moins prononcée; il est plus a

et moins riche en globules ; contenant plus de sérum, il renferme par suite aussi plus d'albumine et de matières grasses solides. Enfin le sérum de la femme renferme une quantité de sels moindre que celui de l'homme, tandis que dans la totalité du sang on trouve plus de sels chez l'homme que chez la femme.

Grossesse. Le sang est plus fortement coloré ; sa densité est moins considérable, puisque la proportion d'eau qu'il contient a augmenté, tandis que celle des globules est devenue moindre. La fibrine n'éprouve qu'une augmentation relative ; d'où résulte un caillot plus petit recouvert d'une couche de fibrine ; le sérum contient moins d'albumine, et une quantité plus considérable de cette substance que nous avons nommée *caséine du sérum.*

Age. Le sang des *enfants* contient beaucoup de principes solides, notamment de globules ; il renferme moins de fibrine et de sels, plus de matières extractives que celui des adultes. Dans la *vieillesse*, le sang s'appauvrit en principes solides ; il perd surtout des globules et de l'albumine. On prétend que la quantité de cholestérine qu'il contient augmente avec l'âge.

Digestion. Pendant que cette fonction s'accomplit, la proportion des principes solides, et notamment des globules incolores, va en augmentant ; la fibrine se coagule moins rapidement. Le sang est plus riche en matières grasses, qui donnent quelquefois au sérum une apparence trouble. Les quantités de globules, d'albumine, de matières grasses et de sels augmentent d'ailleurs dans la même proportion.

Inanition, *insuffisance de nourriture*, *perte abondante de liquides*. Ces diverses influences produisent sur la composition du sang des effets assez semblables : les globules diminuent peu à peu ; le sérum devient plus aqueux, moins riche en albumine et autres principes organiques ; il acquiert, par contre, de nouvelles quantités de sels. De nombreuses expériences ont établi que les pertes d'albumine qu'éprouve le sang sont compensées par l'accroissement du chiffre des matières salines.

Parmi les *mammifères*, ce sont les omnivores dont le sang contient le plus de globules, partant, le plus de fe et de phosphates. Le sang de ces animaux contient aus plus de fibrine, ainsi qu'une plus grande quantité d principes solides que l'on rencontre dans le sérum, ma les sels y sont moins abondants que dans le sang d autres mammifères. Celui des carnivores renferme p de globules et de matières grasses que celui des h bivores.

Le sang des *oiseaux* est aussi riche en globules celui des omnivores, et contient plus de fibrine e matières grasses, par contre moins d'albumine que des mammifères. Celui des animaux à sang froid ferme moins de globules et plus d'eau que celu autres vertébrés.

61. Le sang, selon qu'il est extrait de tel ou te *seau*, présente les différences suivantes : les gl rouges du sang artériel renferment moins d'él solides, notamment de matières grasses, que c sang veineux, mais ils contiennent des quantités vement plus grandes d'hématosine et de sels. L

artériel est plus riche en fibrine et en eau que le sérum veineux; il contient une quantité relativement moindre d'albumine et absolument moindre de matières grasses et extractives.

Le sang de la *veine porte* renferme moins de globules et de principes solides que celui des veines jugulaires. Les globules du sang de la première, vus au microscope, paraissent souvent tachetés, déchirés et dentelés; ils renferment plus d'hématosine, moins d'hématocristalline et deux fois autant de matières grasses que ceux du sang des veines jugulaires. Le sang de la veine porte contient moins de fibrine, mais cette substance retient plus de matières grasses; le sérum est bien moins riche en albumine, mais il renferme plus de matières grasses, de matières extractives et de sels. Il ne contient que des traces de sucre.

Le sang des *veines hépatiques* contient beaucoup plus de principes solides que celui de tout autre vaisseau; il est très riche en globules incolores et en globules colorés. Ces derniers s'altèrent peu sous l'influence de l'eau; ils contiennent moins d'hématosine, de matières grasses et de sels; le sérum est dépourvu de fibrine; il renferme moins d'albumine et de sels, et bien moins de matières grasses que celui de tout autre vaisseau. Au contraire, il renferme tant de matières extractives, et une quantité d'eau relativement si petite, que la totalité de ses principes solides est plus grande que celle du sang de toute autre provenance. Ce sang se distingue encore par une très grande richesse en sucre.

Le sang de la *veine splénique* est ordinairement un peu

plus aqueux que celui des veines jugulaires. Il contient beaucoup de globules incolores très différents par leur dimension et leur forme ; il renferme très peu de fibrine ; il se distingue surtout par la présence de la liénine, de l'hypoxanthine, de deux matières colorantes contenant du fer, des acides acétique, formique et lactique, et du fer tenu en dissolution dans le sérum.

Le sang de la *menstruation* ne contient point de fibrine et une quantité relativement faible de principes solides (16 pour 100).

Celui des *vaisseaux placentaires* contient peu de fibri et de caséine, mais une proportion considérable de c séine du sérum.

62. Les *maladies inflammatoires* sont celles qui dét minent de la manière la plus constante une augmen tion plus ou moins grande du chiffre de la fibrine chiffre augmente avec l'intensité et la durée de l'infl mation ; le nombre des globules diminue peu d'o naire ; l'albumine diminue surtout lorsqu'il survient exsudations considérables ; la proportion des sels dem sensiblement constante ; les matières grasses, notam la cholestérine, augmentent un peu.

Dans les *exanthèmes aigus*, les globules devien moins abondants, le sérum devient plus dense, et la tité des sels qu'il renferme éprouve un accroisse plus considérable que celle des principes organiqu

Dans l'état de *pléthore*, le nombre des globules mente, la fibrine demeure constante, l'albumin vient un tant soit peu plus abondante que dans normal.

Dans la *chlorose*, le sang, en se coagulant, forme un caillot ferme et peu abondant, fréquemment avec couenne; le sérum est transparent; les globules diminuent plus ou moins; la constitution du sérum est d'ordinaire normale.

La *dysentérie* fait décroître le nombre de globules, augmente un peu la quantité de la fibrine et des sels dissous, et diminue la proportion de l'albumine du sérum.

Dans le *choléra*, le sang devient extraordinairement épais et visqueux; la proportion relative des globules augmente, les sels qu'ils contiennent diminuent. Le sérum perd de l'eau et des sels, mais gagne de l'albumine; il contient d'ordinaire aussi des quantités appréciables d'urée.

Dans la *maladie de Bright*, le sang présente les caractères qu'il offre après des pertes considérables de liquides (par exemple dans l'anémie), et dont nous avons parlé plus haut; l'urée augmente fréquemment; une partie de cette substance se transforme parfois en carbonate d'ammoniaque (dans l'urémie). Dans la *fièvre jaune*, comme dans le choléra, le sang s'est trouvé contenir beaucoup d'urée.

Durant les huit premiers jours du *typhus*, le sang présente les mêmes caractères que dans l'état de pléthore; plus tard, ceux qu'il a dans l'anémie.

Dans la *fièvre puerpérale*, la diminution des globules est généralement très considérable; la fibrine (lorsqu'il survient en même temps une péritonite) augmente beaucoup, mais elle est gélatineuse et molle, et forme d'ordi-

naire une couenne. Les matières extractives augmentent. Parfois on trouve dans le sang les matières colorantes de la bile; il n'est pas rare d'y rencontrer de l'acide lactique libre.

Dans la *pyémie*, diminution de fibrine, augmentation des globules incolores.

Dans la *leucémie*, le sang est d'un rouge pâle, présente des stries blanchâtres et est excessivement riche en cellules incolores; il n'abandonne en se coagulant qu'une petite quantité de sérum alcalin. Il renferme de la gélatine, des substances albuminoïdes, des matières contenant du fer et du phosphore, de l'hypoxanthine, des acides formique, acétique, lactique.

Dans le *carcinome*, on sait, d'après quelques observations, que la quantité de fibrine contenue dans le sang augmente considérablement.

Sauf sa grande richesse en sucre, le sang des *diabétiques* présente la composition du sang normal.

Le *scorbut*, les *rhumatismes* et *arthrites tuberculeux*, *scrofuleux*, *chroniques*, sont des maladies encore si mal définies, que les analyses du sang faites, pendant ces affections, lors même qu'elles seraient plus nombreuses et plus exactes, n'auraient aucune valeur réelle.

Chyle.

63. Le chyle est d'un blanc presque laiteux pendant la digestion, surtout après l'ingestion de matières grasses; chez l'animal à jeun, il est seulement opalin, souvent coloré en blanc jaunâtre ou en rouge pâle, d'une odeur

faible, d'une saveur fade, d'une légère réaction alcaline. Comme le sang, le chyle se coagule neuf à dix minutes après son extraction; le coagulum, complétement contracté au bout de deux à quatre heures, est peu considérable par rapport au sérum; il est très mou et n'a quelquefois que la consistance d'une gelée; sa couleur jaune se change d'ordinaire en rouge vif, au contact de l'air. Le sérum du chyle reste toujours trouble et opalin; l'éther l'éclaircit un peu; l'acide acétique le trouble souvent davantage. Soumis à l'action de la chaleur, il ne produit pas en général de coagulum épais ou caséeux, mais il prend une apparence laiteuse due à des particules d'albumine coagulée qui y sont en suspension.

Pour se procurer le chyle nécessaire aux recherches chimiques, il faut l'extraire du canal thoracique. Le procédé le plus commode consiste à ouvrir le thorax d'un animal récemment tué, quelques heures après qu'il a mangé, et à pratiquer une ligature au canal près de son embouchure dans la veine sous-clavière; c'est en disséquant avec soin le canal thoracique que l'on parvient à obtenir la plus grande quantité de chyle, aussi débarrassé de sang que possible.

Le chyle renferme beaucoup d'éléments solides : on y rencontre principalement de petits grains, de petits grumeaux formés par la réunion de semblables grains ou des espèces de nucléoles, des cellules à noyau simple ou multiple (globules du chyle), et des gouttelettes de graisse; on ne trouve isolément des globules de sang colorés que dans le chyle du canal thoracique.

Les principes contenus dans le chyle sont à peu pri les mêmes que ceux du sang.

La *fibrine* du chyle se contracte d'ordinaire fort pe elle conserve la consistance gélatineuse, et par suite dissout plus aisément dans les solutions salines que fibrine fortement contractée du sang ; elle est bien mo abondante que dans le sang.

L'*albumine* du chyle est plus alcaline que celle sang ; aussi elle ne se coagule pas en gros flocons ou grumeaux ; l'acide acétique la précipite en partie ; si évapore la liqueur imparfaitement précipitée, il se fo des pellicules à sa surface. Le sérum du chyle renfe bien moins d'albumine que celui du sang.

On a prétendu que la *caséine* est un principe du sé du chyle ; cette assertion n'est pas prouvée.

La quantité des *matières grasses*, en partie seule saponifiées, varie beaucoup dans le chyle avec la n des aliments.

On n'a constaté la présence du *sucre* dans le qu'après l'ingestion d'aliments féculents ; alors mêı n'en a trouvé que des traces.

Dans les circonstances normales, les principes bile ne se retrouvent pas dans le chyle sous leur première.

Le résidu du chyle contient plus de *matières* (*tives* que celui du sang.

Le chyle est très riche en *alcalis* combinés, sc de l'albumine, soit avec des acides gras ou de lactique, soit avec de l'acide phosphorique ou de chlorhydrique.

On n'a pas démontré dans le chyle l'existence des sulfocyanures, des sulfates ou du sel ammoniac; on ne s'accorde pas sur la présence du fer dans le sérum.

Les *principes minéraux* du résidu solide du chyle s'élèvent à 12 centièmes, contenant de 9 à 10 parties de sels solubles.

L'influence de l'alimentation sur la constitution du chyle ressort des faits suivants. Par l'effet de l'inanition ou d'une alimentation insuffisante, le chyle est un peu moins riche en principes salins, et notamment en matières grasses; après l'ingestion de matières animales, il n'est rendu blanc laiteux par des corps gras que si les aliments sont très riches en graisse.

Lorsque le chyle, rassemblé par les villosités de l'intestin, arrive en contact très intime avec le sang, dans les ganglions mésentériques, il éprouve différentes modifications, par suite de l'échange de quelques-uns de ses éléments avec ceux du sang, avant de parvenir au canal thoracique; mais ces modifications ne peuvent malheureusement être mises en évidence qu'à l'aide du microscope. La fibrine paraît ne se mêler au chyle que dans les ganglions mésentériques; du côté du réservoir de Pecquet, la proportion d'albumine et de principes solides en général va en augmentant; une partie de la graisse libre disparaît, soit parce qu'elle est saponifiée, soit parce qu'elle passe dans les éléments solides.

Les quantités de chyle qui s'introduisent dans le sang, dans un temps donné, ne peuvent être déterminées ou calculées que d'une manière approximative. On a essayé de les évaluer directement en ouvrant près du cou le

canal thoracique d'animaux vivants ou récemment tué et en rassemblant le chyle qui s'en écoule; de mên on les a calculées en comparant les proportions des buminates ou des matières grasses ingérées avec quantités de ces matières trouvées dans le chyle. D'ap les recherches les plus récentes, on admet que la ma de liquide qui passe en vingt-quatre heures du ca thoracique dans la veine sous-clavière est égale à masse totale du sang, c'est-à-dire au cinquième du p du corps.

Lymphe.

64. La lymphe est un liquide incolore ou faible coloré en jaune; elle est d'ordinaire un peu op d'une saveur fade, faiblement salée; elle possèd réaction alcaline. Quatre à vingt minutes après sc traction des vaisseaux lymphatiques, elle se co forme alors une gelée tremblotante et incolore, contracte beaucoup à la longue, et un caillot tr considérable par rapport au sérum.

Les expériences ont porté en général sur la qui s'écoule spontanément de blessures. Il est f se procurer de la lymphe de grenouille en inc peau de la cuisse et en en disséquant une partie

Parmi les éléments organisés de la lymphe, on outre des gouttelettes de graisse, des espèces de et principalement de ces cellules qu'on nomme de la lymphe; les vaisseaux lymphatiques de l ceux des animaux morts d'inanition sont les se

lesquels on ait constaté la présence des globules du sang.

Les composés chimiques contenus dans la lymphe sont à peu près les mêmes que ceux du sang, moins les parties qui sont propres aux globules rouges.

La quantité de *fibrine* de la lymphe, comparée à celle du sérum du sang, est très petite; la proportion de l'*albumine* est aussi moindre; celle des *substances salines* est plus considérable.

En somme, la lymphe renferme moins de principes solides que le sérum du sang. Les *graisses* y sont peu abondantes, et la plus grande partie en est à l'état saponifié.

Les *matières extractives* de la lymphe sont plus abondantes que celles du sérum du sang; c'est parmi ces matières que l'urée, l'acide lactique, etc., se trouvent dissimulés. Il est à remarquer que la présence des *sels ammoniacaux* dans la lymphe a été constatée d'une manière certaine, ainsi que celle de quantités assez considérables de *sulfates*.

Transsudations.

65. Nous comprenons sous cette dénomination tous les liquides qui représentent des principes du sang provenant directement des capillaires, lors même qu'ils sont obligés de traverser un certain nombre de cellules.

Les transsudations se distinguent surtout des sécrétions (ce terme étant pris dans son acception la plus restreinte), en ce qu'elles ne contiennent d'autres prin-

cipes que ceux du sérum, tandis que les sécrétions renferment soit des principes propres, soit des quantités très considérables de substances ailleurs extrêmement rares. Elles se distinguent des exsudations en ce qu'elles ne renferment pas de globules du sang et qu'elles ne contribuent à la formation d'aucun tissu organique.

Les transsudations se répandent, par l'effet de circonstances normales ou anormales, dans le parenchym des organes, dans les cavités ouvertes ou fermées d corps, et même à la surface de la peau. Les sécrétio des membranes séreuses, l'humeur aqueuse de l'œil, l eaux amniotiques, les suppurations dépourvues de gl bules qu'on observe dans les blessures, le contenu phlyctènes développées par les matières vésicantes, et sont donc des transsudations.

Le passage de l'eau et de certains éléments du sér à travers les parois des capillaires est un effet physi résultant de leur perméabilité, de la rapidité de la culation du sang dans ces vaisseaux, et de la cons tion physique et chimique de ce liquide.

La nature des transsudations varie suivant les difications apportées aux conditions précédentes : renferment toujours les éléments du sérum, mais des proportions variables. Il en résulte que, les priétés physiques des transsudations sont aussi en monie avec celles du sang; qu'elles soient norma anormales et excessives, elles sont toujours inco transparentes, d'une saveur fade, faiblement s leur réaction est alcaline; leur densité est en g moindre que celle du sérum du sang.

Les éléments solides y sont fort peu abondants; ce n'est qu'accidentellement qu'on y trouve de l'épithélium, des granules et des corpuscules cytoïdes. Les globules rouges du sang ne peuvent y arriver que par la déchirure des capillaires; lorsqu'on les rencontre, la liqueur que l'on examine n'est plus un simple produit de transsudation.

Jamais les transsudations ne sont formées par du sérum pur. Certains éléments du sérum, et l'eau avant tous, sont plus propres que d'autres à traverser les parois des capillaires; il en résulte qu'une transsudation renfermera toujours moins de principes solides que le sérum. Les membranes animales se laissent d'ailleurs plus facilement traverser par les dissolutions salines et les matières extractives du sang que par l'albumine; celle-ci, à son tour, les traverse plus aisément que la fibrine; il en résulte que dans les transsudations le rapport des sels à l'albumine est plus considérable que dans le sérum, et qu'il ne s'y trouve que peu ou point de fibrine.

La *fibrine*, qui manque absolument dans les transsudations normales, se rencontre dans les maladies caractérisées par des sécrétions excessives des séreuses, auxquelles on a donné le nom d'hydropisies fibrineuses. Cette fibrine forme d'ordinaire un coagulum lâche, gélatineux; elle est, du reste, absolument identique avec la fibrine du sang, et toujours beaucoup moins abondante dans les transsudations que dans le sérum.

L'*albumine* de ces liquides est aussi identique avec celle du sang. Quelquefois cependant elle peut être précipitée

par l'acide acétique, et rassemblée d'une manière imparfaite seulement par l'ébullition, en sorte que pendant l'évaporation il se forme sur le liquide des pellicules analogues à la caséine; nous avons vu que cette propriété appartient à l'albuminate de soude; on peut en conclure que dans les transsudations il existe plus d'albuminate basique que dans le sang.

Les proportions d'albumine contenues dans les transsudations sont fort variables; dans l'humeur aqueuse, dans les eaux amniotiques, dans le liquide céphalo-rachidien, l'albumine paraît manquer entièrement.

On a cherché à découvrir les conditions d'où dépendent ces variations. Il paraîtrait que *la quantité d'albumine varie suivant le système de capillaires d'où la transsudation tire son origine.* Cette proposition, il est vrai, n'est encore appuyée que par des observations peu nombreuses. Toutefois les faits acquis à la science portent à croire que, toutes choses égales d'ailleurs, des systèmes différents de vaisseaux capillaires se laissent traverser par des quantités d'albumine différentes. Les liquides des ventricules du cerveau sont les moins riches en albumine (environ 0,5 p. 100); ceux du péritoine en contiennent davantage (1,0 p. 100); ceux de la plèvre en sont le plus chargés (1,8 p. 100). Il ne faudrait pas croire cependant que, dans des conditions différentes, la transsudation d'un même appareil capillaire contienne nécessairement des proportions constantes d'albumine; on n'observe des rapports constants entre les quantités d'albumine contenues dans les transsudations de systèmes capillaires différents que dans le cas où des transsuda-

tions excessives se produisent sur plusieurs séreuses à la fois, et dans des circonstances identiques.

Voici une autre proposition que l'on peut déduire des faits observés : *Plus la circulation dans les capillaires se fait avec lenteur, plus la transsudation est riche en albumine.* Ainsi, lorsque les transsudations du péritoine proviennent de tumeurs volumineuses, elles contiennent plus d'albumine que dans les cas où la circulation du sang dans le bas-ventre se trouve moins complétement entravée, par exemple, à la suite de certaines affections, telles que l'atrophie du parenchyme du foie. Par la même raison, la transsudation renferme plus d'albumine dans l'hydrocéphale aiguë que dans l'hydrocéphale chronique.

La quantité d'albumine contenue dans une transsudation dépend aussi toujours de la quantité renfermée dans le sang. Moins celui-ci est riche en albumine, moins on en trouve aussi dans la transsudation. Ainsi, dans la maladie de Bright, où les reins enlèvent au sang des quantités si notables d'albumine, les transsudations contiennent fort peu de cette substance. Toutes les transsudations de l'hydropisie qui proviennent de perturbations survenues dans la circulation du sang, sont, pour cette raison, plus riches en albumine que celles qui proviennent de l'hydrémie, c'est-à-dire d'une grande abondance d'eau dans le sang.

On n'a pas encore constaté la présence de la *caséine* proprement dite dans les transsudations.

Comme nous l'avons déjà dit, les *matières extractives* sont plus abondantes dans les transsudations que dans

le sérum. Ajoutons que les transsudations anciennes renferment beaucoup plus de ces matières que les transsudations récentes, c'est ce qu'on observe, par exemple, dans l'hydropisie enkystée. La proportion moyenne des matières extractives est, du reste, extrêmement variable.

Les transsudations ne contiennent qu'un peu plus d *matières grasses saponifiables* ou *saponifiées* que le sérum la proportion de ces matières paraît aussi varier suiva les systèmes capillaires d'où les transsudations provie nent; du moins on a reconnu que les transsudations c capillaires des tuniques du cerveau, de la plèvre et mésentère en renferment fort peu.

La *cholestérine* est, en général, plus abondante les corps gras saponifiables ou saponifiés. Quelque (notamment dans l'hydrocèle), les transsudat anciennes contiennent des quantités si considéra de cholestérine, qu'elles forment une bouillie de taux.

Les *acides résineux* et la *matière colorante de la bi* se trouvent dans les transsudations que pendan affections du foie.

Le *sucre* a été trouvé dans les transsudations males, principalement chez les diabétiques; ordi ment l'eau amniotique en renferme aussi.

On rencontre toujours de l'*urée* dans les tran tions; cette substance traverse les parois des vai avec plus de facilité peut-être que les sels. On en a jusque dans l'humeur aqueuse. Comme il était à p les transsudations contiennent surtout beaucoup

dans la maladie de Bright, car alors le sang lui-même en renferme des quantités appréciables.

Il est probable que les transsudations contiennent aussi de l'acide hippurique, de la créatine, de la créatinine, etc.; cependant le fait n'a pas été vérifié. On a trouvé la *créatine* dans les eaux amniotiques. La présence des lactates dans les transsudations normales n'a pas encore été démontrée avec certitude.

Nous avons dit plus haut que les *sels* solubles sont de tous les principes du sérum ceux qui traversent le plus aisément les membranes, et qu'on les trouve, pour cette raison, dans les transsudations en bien plus forte proportion que les principes organiques. Toutefois les sels sont toujours contenus, dans les transsudations, en quantité moins considérable que dans le sérum; cela tient tout simplement à la perméabilité bien plus grande encore des tissus pour l'eau pure. Le sang aqueux, comme nous l'avons déjà dit, est toujours plus chargé de sels que le sang normal; plus le sang contiendra de sels, plus on en trouvera dans les transsudations; mais il y en aura toujours moins dans ces dernières que dans le sérum. Cette règle ne souffre qu'une seule exception, c'est dans le cas où des quantités considérables de principes du sang, notamment d'albumine (dans la maladie de Bright), sont enlevées par les reins; alors le poids des sels dans le résidu solide des transsudations peut l'emporter sur le poids des principes organiques.

On ne sait pas s'il faut compter au nombre des transsudations simples les liqueurs sécrétées par les capillaires de l'intestin, liqueurs qu'on observe à la suite de

l'ingestion de purgatifs drastiques ou pendant le cho léra, et qui semblent soumises à des lois tout à fait par ticulières. Ici, en effet, on observe entre la constitutic du sérum du sang et celle des transsudations un rappo tout inverse de celui qui se présente dans les cas orc naires : le sang, en produisant les transsudations, lieu de devenir plus aqueux, de se charger de plus sels et de s'appauvrir en albumine, devient, dans ce particulier, moins aqueux, moins salé et plus riche albumine.

Les *chlorures* et les sels à base de soude sont au dans les transsudations, comme dans le sérum, abondants que les autres sels solubles. Les seules tr sudations du plexus choroïde du crâne font ex tion ; les phosphates et les sels à base de soude y dominent. Le liquide céphalo-rachidien ne doit don être compris au nombre des transsudations propre dites.

On ne trouve pas de *sels ammoniacaux* dans les t sudations normales récentes. On ne rencontre u d'ammoniaque que dans les cas où le sang et les sudations renferment de l'urée.

Enfin, comme tous les autres liquides de l'éco les transsudations tiennent en dissolution des quantité appréciable, mais peu abondante, sa l'acide carbonique, de l'oxygène et de l'azote.

Lait.

66. Le lait de tous les mammifères est blanc

quefois avec une légère nuance bleuâtre ou jaunâtre), peu transparent, sans odeur, d'une saveur légèrement sucrée; sa réaction est généralement alcaline; sa densité varie de 1,028 à 1,045.

On sait que si l'on abandonne du lait au repos, pendant un temps plus ou moins long, il se forme à sa surface une couche jaune, riche en matières grasses : c'est la crème; en même temps la couche liquide restée au-dessous devient blanc bleuâtre et plus dense. L'ébullition ne coagule pas le lait, mais elle développe à sa surface une pellicule de caséine imprégnée de gouttelettes de matières grasses. Mis en contact, pendant quelque temps, à la température ordinaire, avec la muqueuse d'un estomac de veau, le lait se coagule, qu'il ait présenté primitivement une réaction acide ou une réaction alcaline.

Le lait de femme est toujours alcalin; celui des carnivores est acide; celui des herbivores est ordinairement alcalin. (On a vu devenir acide le lait des vaches, des juments, des brebis nourries dans l'étable avec des fourrages verts.)

Vu au microscope, le lait se présente sous la forme d'un liquide presque transparent dans lequel sont suspendues d'innombrables gouttelettes de graisse; la grosseur de ces gouttelettes varie ordinairement de $0^{mm},00271$ à $0^{mm},00406$; cependant on en a observé çà et là de plus grandes et de plus petites. Elles sont enveloppées d'une membrane particulière; on peut s'en convaincre en ajoutant au lait, sous le microscope, un peu d'acide acétique : les globules sont alors déformés de toutes

manières, et laissent chacun échapper une goutte de matière grasse. L'existence de cette membrane devien aussi évidente, si l'on agite le lait avec de l'éther; celui ci ne lui fait pas perdre son caractère d'émulsion, ma si, avant l'agitation avec l'éther, on ajoute un peu d potasse caustique, la matière membraneuse se dissou et alors l'éther, en dissolvant toute la matière grass transforme le lait en une liqueur presque entièrem limpide.

Les *corps granuleux* (fig. 18) (agrégations irrégulièr de corpuscules gr seux, agglutinées une matière albu neuse amorphe diamètre de 0mm,0 à 0mm,05234, noyau ni envel propre) se tro non-seulement d colostrum (jus troisième ou qua jour qui suit la sance, quel même jusqu'au vingtième); mais on les observe quand la sécrétion du lait est troublée par une a quelconque.

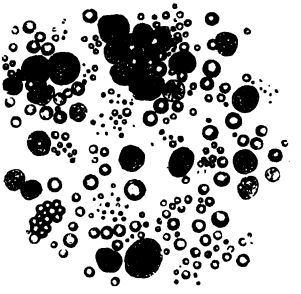


Fig. 18. Corps granuleux.

Les cellules épithéliales, les corpuscules mu les grumeaux de fibrine coagulée, les globules d les infusoires (*vibrio bacillus*), ou les byssus (dan bleu), sont des matières qui ne se rencontrent q

ment dans le lait, d'une manière accidentelle ou à la suite d'affections des glandes mammaires.

Voici les divers principes qui composent le lait :

Caséine. Chez la femme, le lait normal en renferme de 3,1 à 3,5 pour 100 (le colostrum en contient 4 pour 100); chez la vache, de 3 à 4; chez la chèvre, de 4,5 à 6,3; chez l'ânesse, 2; chez la chienne, de 8,3 à 13,6. Après l'ingestion d'une nourriture animale, le lait renferme toujours plus de caséine qu'après une alimentation végétale.

Matières grasses. On ne les a étudiées attentivement que sur le lait de vache. A l'état de pureté, la matière grasse de ce lait est presque incolore, à peine légèrement jaunâtre; fondue, elle se solidifie à 26°,5 par le refroidissement, tandis que sa température s'élève à 32°. Elle renferme environ 68 pour 100 de margarine, 30 pour 100 d'oléine, et 2 pour 100 d'un mélange de matières grasses qui fournissent, par la saponification ou en se rancissant, des acides butyrique, caproïque, caprylique et caprique. (Parfois, au lieu d'acides caproïque et butyrique, il se produit de l'acide vaccinique.) D'après des observations plus récentes, la matière grasse solide du beurre, que l'on regardait comme de la margarine, renferme quatre matières grasses neutres donnant, par la saponification, quatre acides gras qui diffèrent l'un de l'autre par un multiple de C^4H^4, savoir: l'acide myristique $C^{28}H^{28}O^4$, l'acide palmitique $C^{32}H^{32}O^4$, l'acide stéarique $C^{36}H^{36}O^4$ et l'acide butinique $C^{40}H^{40}O^4$.

On a trouvé dans le lait les proportions suivantes de matières grasses : lait de femme, 2,5 à 4,3 pour 100;

lait de vache, 4,5 en moyenne; lait de jument, 6,95; lait d'ânesse, 1,25; lait de brebis et de chèvre, 4; lait de chienne, 11; colostrum de femme, 5; colostrum de vache, 2,6.

Il est à remarquer que les premières portions de lait retirées des mamelles de la femme ou des animaux renferment bien moins de matières grasses que celles qu'on en extrait plus tard.

L'expérience prouve que la nature des aliments exerce une influence sur la proportion des matières grasses du lait; cependant on manque à cet égard de renseignements spéciaux. On a reconnu aussi que ces matières diminuent dans certaines maladies.

Sucre de lait. On en a trouvé les quantités suivantes: lait de femme, de 3,2 à 6,2 pour 100; lait de vache, de 3,4 à 4,3; lait d'ânesse, 4,5; lait de jument, 8,7; lait de chèvre et de brebis, 4,3. Le lait de chienne, pendant un régime animal, n'en contient souvent que des traces. Le colostrum de femme en renferme environ 7 pour 100.

Sels. Les sels contenus dans le lait consistent principalement en chlorure de potassium, chlorure de sodium, phosphates alcalins, phosphates à base de chaux et de magnésie; il faut ajouter encore les alcalis combinés avec la caséine. Les sulfates et les sels ammoniacaux manquent complétement. Les cendres du lait renferment plus de phosphates insolubles que de sels solubles.

Le lait de femme contient de 0,04 à 0,09 pour 100 de sels solubles; celui de vache renferme 0,21 de sels solubles et 0,28 de sels insolubles; celui de chienne,

pendant une alimentation animale, 0,45 de sels solubles et 0,57 de sels insolubles.

Acide lactique. On ne le trouve jamais dans le lait alcalin; il est probable que la réaction acide que présente quelquefois le lait, par exemple chez les carnivores, tient à la présence des biphosphates à base d'alcali.

Albumine. On ne la rencontre dans le lait qu'à la suite des affections inflammatoires des glandes mammaires.

Lorsque le lait se coagule par la chaleur, on ne peut pas en conclure qu'il renferme de l'albumine; car le liquide contenu dans les vaisseaux lactifères hors de la période d'allaitement (ainsi que le colostrum de vache et le lait de chienne) abandonne, par la chaleur, un coagulum qui n'est en aucune façon identique avec l'albumine.

Urée. Le lait n'en contient que dans la maladie de Bright.

Il est démontré que de l'*iodure de potassium* peut passer dans le lait; le passage d'autres substances dans ce liquide n'a pas encore été établi par des expériences certaines.

67. Quant à l'analyse du lait, nous insisterons seulement sur ce qu'il ne suffit pas, pour doser exactement les matières grasses, d'évaporer le lait et de reprendre le résidu de l'éther; ce dernier ne se charge jamais de la totalité des matières grasses. Il est préférable, pour cette raison, de mêler d'abord le lait avec une quantité déterminée de sulfate de chaux; ce sel présente l'avan-

tage de précipiter la caséine et d'éviter les projections, ainsi que la mousse qui se forme ordinairement pendant l'ébullition du lait. Le résidu se dessèche d'ailleurs plus rapidement.

La constitution et le tempérament des individus, la nature des aliments et d'autres circonstances extérieures, influent évidemment beaucoup sur l'abondance de la sécrétion du lait. D'après les expériences qu'on a faites, une femme nourrice bien portante donne dans les vingt-quatre heures, par les deux mamelles, 1300 grammes de lait; une vache en fournit en moyenne 6 kilogrammes pendant le même temps. D'où résulte que dans les vingt-quatre heures une femme nourrice donne 22 grammes de lait par 1000 grammes de poids de son corps; une vache, seulement $10^{gr},4$.

Sperme.

68. La liqueur séminale, mélangée d'ordinaire avec la sécrétion de la prostate, forme une masse visqueuse, gluante, opaline, incolore; elle devient jaunâtre en se desséchant; elle est douée d'une odeur particulière; sa densité est notablement supérieure à celle de l'eau; elle est neutre ou faiblement alcaline. Le sperme frais a l'aspect gélatineux; bientôt il devient liquide, et forme dans l'eau un sédiment visqueux. L'alcool le coagule; la chaleur ne produit pas cet effet.

On retire ordinairement le sperme du canal déférent ou des vésicules séminales des animaux en rut; mais les quantités de matière qu'on se procure ainsi ne suffisent

que pour les analyses microscopiques. Pour étudier chimiquement le sperme, on s'est servi du liquide obtenu en exprimant les testicules de divers animaux.

Les éléments organisés propres au sperme (*spermatozoïdes*) présentent chez les divers animaux un aspect à peu près constant, bien qu'il soit aisé de distinguer ceux qui appartiennent à des espèces différentes. Ils sont formés d'une tête ronde, ovale ou piriforme, d'où part un long fil qui s'amincit graduellement. La tête du spermatozoïde de l'homme a de $0^{mm},00158$ à $0^{mm},00293$ de large, et de $0^{mm},00429$ à $0^{mm},00564$ de long; le fil a une longueur de $0^{mm},04061$ à $0^{mm},04512$. Les spermatozoïdes ne se putréfient que difficilement; ils ne se dissolvent que dans des solutions concentrées de carbonates alcalins. Ils sont composés d'une matière albuminoïde qui laisse à l'incinération des cendres très abondantes, riches en phosphates; ils renferment en outre 4 pour 100 d'une matière grasse analogue au beurre.

Outre les spermatozoïdes, la liqueur séminale contient encore les éléments solides suivants: des cellules épithéliales, des corpuscules de la prostate, des corpuscules muqueux et des granules blancs à contours tranchés, ayant de $0^{mm},00361$ à $0^{mm},02256$ de diamètre et qu'on a nommés *granules séminaux*.

Le liquide qui baigne les spermatozoïdes provient, pour la majeure partie, des glandes de Cooper, des vésicules séminales et de la prostate; il se prend en gelée après son extraction; la matière qui détermine ce phénomène, la *spermatine*, ressemble plutôt aux mucosités qu'à la fibrine; elle ne se coagule point par l'ébullition;

par la dessiccation, elle devient insoluble dans l'eau; elle se redissout dans les dissolutions alcalines étendues, et se précipite de nouveau par les alcalis concentrés; l'acide acétique la précipite; un excès de cet acide la redissout. Enfin elle se dissout dans l'acide nitrique concentré.

Parmi les *sels* contenus dans le sperme, les phosphates de chaux et de magnésie sont prédominants; on y trouve aussi beaucoup de chlorure de sodium, ainsi que des phosphates alcalins.

Dans les cas douteux, c'est le microscope qui sert le mieux à constater l'identité de la liqueur séminale; les spermatozoïdes se conservent en effet pendant longtemps, qu'ils soient à l'état de dessiccation ou en suspension dans l'urine. En humectant avec précaution du sperme desséché et en le détachant du tissu sur lequel il était fixé, on aperçoit toujours au microscope des spermatozoïdes intacts.

Les taches de sperme sur le linge ou sur d'autres étoffes se distinguent aussi de toutes les autres taches semblables, en ce qu'elles se colorent en jaune fauve, lorsqu'on les chauffe modérément pendant une ou deux minutes.

Liquides de l'œuf.

69. Nous ne parlerons ici que des liquides contenus dans l'œuf avant l'incubation et antérieurement au développement de l'embryon, c'est-à-dire des liquides qui constituent la masse centrale jaune et la substance

qui l'entoure, notamment dans les œufs des oiseaux (1).

Le *liquide jaune*, ou *vitellus*, n'a été examiné avec soin que dans les œufs des poules et des poissons. Il est visqueux, épais, peu transparent, coloré tantôt en jaune rougeâtre, tantôt en jaune-citron; il est inodore et doué d'une saveur propre peu prononcée. Mêlé à l'eau, le jaune d'œuf forme une émulsion blanche qui ramène au bleu le tournesol rougi, et se prend par l'ébullition en une masse friable. L'alcool froid le coagule; agité avec l'éther, il abandonne à ce liquide une matière grasse rougeâtre ou ambrée, tandis qu'une masse blanche visqueuse reste indissoute.

En soumettant le jaune d'œuf à l'analyse microscopique, on y découvre, au milieu de granules trop fins pour qu'on en puisse mesurer le diamètre, des globules et des gouttelettes de graisse de diverses grosseurs; ces dernières se reconnaissent surtout à leur couleur d'un jaune moins intense. Les globules jaunes ou *globules vitellins* sont entourés d'une membrane qui semble saupoudrée de granules. Si l'on fait agir sur le jaune d'œuf du sel ammoniac ou d'autres sels à base d'alcali, les granules suspendus dans le liquide disparaissent complétement; il reste des gouttelettes brillantes de graisse à contours bien tranchés, à côté des globules jaunes

(1) Il sera question des liquides de l'œuf développé, de ceux des eaux amniotiques et allantoïdiennes, de l'enduit caséeux et de la gélatine de Wharton, dans les chapitres consacrés aux transsudations, à l'urine, à la sécrétion cutanée et au mucus.

déchirés et devenus ovales, oblongs ou fusiformes. On aperçoit encore dans ces derniers une enveloppe fine recouverte de granules. L'acide acétique étendu détruit aussi les globules vitellins, sans toutefois dissoudre les granules suspendus dans le liquide.

Dans les œufs des poissons et des amphibies, on découvre, à l'aide du microscope, les corps qu'on a nommés *plaques vitellines*. Ce sont des tablettes ordinairement carrées, souvent stratifiées. Elles ne sont point formées de matières grasses, car elles ne se dissolvent pas dans l'éther; l'acide nitrique les colore en jaune; d'autres acides les gonflent et les divisent en plusieurs parties.

Quant aux corpuscules sphériques, analogues à des cellules, ils paraissent formés principalement de matières grasses; ils contiennent surtout une matière grasse phosphorée (acide phosphoglycérique?) et un pigment jaune.

La masse de leurs enveloppes représente environ 0,5 pour 100 de celle du jaune d'œuf.

Les granules fins ne sont autre chose que de la *caséine* pauvre en alcalis, qui se dissout très facilement dans les sels alcalins. Ils forment les 14 centièmes du vitellus.

Le jaune d'œuf renferme de l'*albumine* pauvre en alcalis à l'état de véritable dissolution. Cette albumine forme les 3 centièmes environ de la masse totale.

On désignait autrefois sous le nom de *vitelline* un mélange de caséine et d'albumine renfermé dans le vitellus (voy. p. 92).

On n'a pas encore fait de recherches exactes sur les *matières grasses* du jaune d'œuf. Elles se composent principalement de margarine et d'oléine ; outre ces corps, on en trouve un autre que l'on a pris pour de la cholestérine à cause de l'élévation de son point de fusion et de la forme de ses cristaux (tables rhomboïdales) ; mais il ne paraît pas qu'il y ait identité entre ces deux substances. Enfin on a signalé encore la *lécithine*, matière visqueuse analogue à la gélatine et la *cérébrine ;* toutes deux ont été peu étudiées. C'est, dit-on, aux dépens de la cérébrine que se forme l'acide phosphoglycérique contenu dans le vitellus.

Les matières que l'on peut retirer par l'éther du vitellus desséché s'élèvent à environ 30 pour 100 du vitellus liquide.

Les *matières colorantes* du jaune d'œuf sont peu connues ; on sait seulement qu'il en existe une jaune et une rouge, et que l'une d'elles contient du fer.

Parmi les *principes minéraux* prédominent les sels à base de potasse et les phosphates ; les chlorures et les sels de soude sont fort peu abondants dans les cendres; celles-ci contiennent de 67 à 70 pour 100 d'acide phosphorique (monobasique). Le total des matières inorganiques renfermées dans le jaune d'œuf s'élève à 1,5 pour 100.

La quantité d'*eau* du vitellus de l'œuf frais est assez variable (de 48 à 55 pour 100).

Les œufs des poules contiennent en moyenne 15gr,2 de jaune et 23gr,9 de blanc.

Les œufs de poissons, qui n'ont point d'enveloppe albumineuse, renferment les mêmes éléments que les

œufs de poules, et même dans des proportions assez semblables.

L'*albumine* du blanc des œufs de poules ne paraît nullement amorphe quand on la regarde au microscope. Outre les chalazes et les membranes cellulaires amorphes, on y voit çà et là des corpuscules à trois pointes ou plus et des groupes d'aiguilles extrêmement fines. Ce sont les membranes cellulaires qui donnent surtout à l'albumine sa consistance gélatineuse.

L'albumine du blanc d'œuf est en général unie à de la soude; elle constitue environ les 12,5 centièmes du blanc d'œuf frais.

Les groupes d'aiguilles sont formés par de la margarine; on rencontre encore, dans le blanc d'œuf, de l'oléine, de l'oléate et du margarate de soude.

On trouve aussi du *glucose* dans le blanc des œufs couvés et non couvés; sa proportion s'élève à environ 0,5 pour 100.

Parmi les *principes minéraux* du blanc d'œuf, prédominent les sels solubles, tandis que les sels insolubles sont plus abondants dans le jaune d'œuf. Les cendres du blanc d'œuf contiennent plus de 50 pour 100 de chlorures; il y a peu de phosphates et peu de sels de potasse. Une certaine quantité de soude s'y trouve à l'état de carbonate. On rencontre un peu de silice dans les deux parties de l'œuf. Le blanc d'œuf frais contient en moyenne 0,66 pour 100 de composés minéraux.

La quantité d'eau y varie de 82 à 88 pour 100.

Mucus.

70. La matière qui est sécrétée par les membranes muqueuses forme, à l'état normal, une masse visqueuse et filante, composée d'un liquide transparent et gluant, ainsi que d'un grand nombre d'éléments solides, notamment de cellules épithéliales. Elle varie, sous le rapport de la composition et des caractères chimiques, suivant la membrane d'où elle provient. Suivant la nature du tissu à la surface duquel le mucus est sécrété, les cellules épithéliales appartiennent à l'épithélium pavimenteux, cylindrique ou vibratile. Elles sont si nombreuses dans le mucus normal, qu'on peut à peine distinguer le liquide interposé, et bien moins encore en séparer celui-ci. (Nous parlerons de la nature chimique des cellules épithéliales en traitant des tissus cornés.)

On trouve dans le mucus des corpuscules propres, des *corpuscules cytoïdes*, semblables aux globules incolores du sang et du pus. Ils sont souvent fort rares; cependant leur nombre augmente, pour peu qu'il survienne une faible irritation de la muqueuse; dans des irritations plus fortes (catarrhes), ils augmentent tellement, qu'au microscope la masse entière du mucus en paraît formée. (Nous y reviendrons dans le chapitre réservé aux *Exsudations.*)

On ne rencontre de caillots de *fibrine* accompagnés de globules de sang que dans les inflammations exsudatives (croupales) des membranes.

Souvent aussi les mucosités renferment des amas de granules et des cellules granulées (*globes inflamma-*

toires), notamment dans les catarrhes, les affections croupales des voies aériennes.

Fréquemment encore on y trouve des gouttelettes de *graisse*.

C'est surtout pendant des maladies qui entravent les métamorphoses vitales de l'organisme entier, par exemple pendant les maladies tuberculeuses, le cancer, le typhus, que le mucus est chargé de nombreux granules microscopiques.

Certaines sortes de mucus renferment des corps cellulaires variés produits par des follicules dont le canal sécréteur s'ouvre à la surface de la membrane muqueuse. Ce n'est qu'accidentellement que l'on observe dans du mucus ancien des vibrions et des cryptogames microscopiques.

Le mucus doit ses principales propriétés à une substance particulière (*mucine*) qui s'y trouve dissoute ou délayée. Cette substance est fort peu connue chimiquement, parce que ce n'est que dans des circonstances rares ou anormales qu'on a pu se procurer le mucus débarrassé de cellules épithéliales et d'autres formations analogues. Elle paraît tantôt se dissoudre dans l'eau, tantôt simplement s'y gonfler; la chaleur ne la coagule pas; l'alcool la précipite sous forme de flocons ou de filaments, qui, lavés à l'eau, reprennent leurs propriétés primitives. Les acides, même l'acide acétique étendu, la précipitent; le précipité se redissout dans les acides concentrés. Les variations qu'on remarque dans les propriétés du principe particulier du mucus paraissent être dues aux proportions différentes d'alcali qu'il renferme

en combinaison ; si dans certaines mucosités l'eau précipite la mucine sous forme de filaments, cela est dû sans doute à ce qu'elle s'empare de l'alcali combiné avec cette matière.

L'*albumine* proprement dite n'existe pas dans le mucus normal, mais elle y apparaît dès que la muqueuse est irritée.

Le mucus normal ne renferme que peu de *matière grasse ;* il en contient davantage dans les affections catarrhales.

Le mucus des diverses membranes présente tantôt une réaction acide, tantôt une réaction alcaline ; il est d'autant moins possible de décider quelle est la réaction qu'il doit avoir dans l'état normal, que l'alcali ou l'acide libre sont dus peut-être à la présence de matières étrangères.

Parmi les *principes minéraux* du mucus, le chlorure de sodium est le plus abondant ; les cendres du mucus renferment principalement encore des carbonates alcalins (dont la base était combinée avec la mucine), des phosphates et des sulfates alcalins et des phosphates terreux. La proportion de ces sels s'élève à environ 0,7 pour 100.

L'*eau* constitue de 88,2 à 95,6 pour 100 du mucus.

Salive.

71. La salive n'est pas seulement un mélange des sécrétions provenant des diverses glandes salivaires ; la sécrétion de la muqueuse buccale en forme aussi une

partie essentielle. Il est donc important de bien distinguer cette salive complexe des sécrétions individuelles de chaque glande.

La salive complexe est un liquide trouble, légèrement opalin, visqueux et filant, inodore et insipide. Abandonnée à elle-même, elle dépose au bout de quelque temps un sédiment blanc grisâtre composé de débris d'épithélium pavimenteux et de rares corpuscules muqueux. Sa densité, chez l'homme, varie de 1,004 à 1,006; sa réaction normale est alcaline.

Le meilleur moyen de se procurer la salive humaine pure consiste à déprimer fortement la mâchoire inférieure, tandis qu'à l'aide d'une plume on excite la voûte palatine; après une strangulation momentanée, la salive se précipite de la bouche par jets. Chez les animaux à jeun, on se procure aisément la salive en leur présentant leur nourriture de prédilection, tandis qu'on déprime le museau.

La *sécrétion des parotides*, qu'on ne peut se procurer que par des fistules naturelles ou artificielles, est transparente et incolore; elle n'a ni saveur ni odeur; elle n'est point filante. Son poids spécifique varie de 1,0061 à 1,0088; elle possède une réaction sensiblement alcaline.

La proportion des principes solides qu'elle renferme est assez variable : chez l'homme, elle s'élève à 1,4 et jusqu'à 1,6 pour 100; chez le chien, elle est de 0,46 pour 100; chez le cheval, de 0,7 à 1,1 pour 100.

Le principe le plus important de la sécrétion des parotides, la *ptyaline*, est une substance unie à de la potasse, de la soude ou de la chaux; ces combinaisons présen-

tent quelque analogie, sans pourtant être identiques, avec celles que l'albumine est susceptible de contracter avec les bases. La ptyaline est une substance gélatineuse, soluble dans l'eau; elle ne se coagule point sous l'influence de la chaleur; les dissolutions des composés qu'elle forme avec les alcalis sont précipitées par l'acétate de plomb, le bichlorure de mercure, l'acide tannique; elles ne le sont point par l'alun, le sulfate de cuivre et les autres sels métalliques.

Une partie de la ptyaline est unie à de la chaux qui peut lui être enlevée même par l'acide carbonique. De là vient que la sécrétion parotidienne du cheval, primitivement transparente comme de l'eau, se trouble à l'air comme de l'eau de chaux.

A côté de la ptyaline, on trouve une autre matière organique soluble dans l'alcool et l'eau, susceptible également d'être précipitée par le tannin, mais non par l'alun.

On y trouve encore un sel à base de potasse dont l'acide appartient au groupe des acides homologues de l'acide butyrique.

D'ordinaire on y rencontre encore du *sulfocyanure de potassium;* toutefois ce produit n'est pas constant.

Dans les cendres de la sécrétion parotidienne on trouve des quantités assez considérables de chlorures de potassium et de sodium; le carbonate de chaux y est assez abondant; on n'y rencontre que de petites quantités de phosphates.

La *sécrétion des glandes sous-maxillaires* est un liquide incolore, transparent, très visqueux, inodore et insipide.

Sa densité, chez le chien, est de 1,004 ; elle a une réaction alcaline moins prononcée que la sécrétion des parotides; ses éléments sont à peu près les mêmes ; on y remarque cependant moins de chaux unie à des matières organiques. Évaporée, elle laisse un résidu solide qui s'élève à 0,855 pour 100.

La *sécrétion de la muqueuse buccale* est très visqueuse, très gluante, trouble, incolore, d'ordinaire écumeuse, riche en cellules épithéliales ; elle a une réaction alcaline et renferme environ 1 pour 100 de principes solides, dont 0,62 de matières organiques.

La *salive complexe* de l'homme contient de 0,35 à 1 pour 100 de principes solides ; 100 parties de ces principes contiennent 38 de matières minérales, parmi lesquelles on remarque surtout le chlorure de sodium et le chlorure de potassium.

72. La salive renferme quelquefois aussi des principes anormaux ; on y observe, par exemple, toujours de l'iodure de potassium après l'ingestion de l'iode ; quelquefois aussi on y trouve certains principes de la bile ; rarement on y trouve du sucre. On ne sait pas positivement si l'albumine proprement dite fait partie de sa composition.

On ne trouve du mercure dans la salive que dans les cas où il s'est déclaré des salivations mercurielles par suite d'une ingestion abondante de mercure.

Dans des cas anormaux, la salive présente, à jeun surtout, une réaction acide. Elle est alcaline après l'ingestion de certains aliments, notamment de substances acides fortement épicées ou difficiles à digérer. La salive

acide s'observe principalement dans les irritations des premières voies et dans le diabète sucré. On ne sait encore quel est l'acide qu'elle renferme alors.

Les concrétions qu'on trouve parfois dans les canaux sécréteurs des glandes salivaires sont composées principalement de carbonate de chaux, d'un peu de phosphate de chaux, de phosphate de magnésie, et d'une petite quantité de matière organique.

On admettait autrefois que la quantité de salive sécrétée dans les vingt-quatre heures par un homme adulte s'élevait de 216 à 316 grammes. Des expériences plus récentes portent à croire que ces nombres sont beaucoup trop faibles et que l'on peut admettre 1500 grammes comme représentant la quantité moyenne de salive sécrétée en vingt-quatre heures par un adulte.

L'abondance de la sécrétion salivaire pendant un intervalle de temps peu considérable est susceptible de varier beaucoup; l'affluence plus ou moins grande de la salive dans la cavité du palais dépend, en effet, de conditions très différentes. Des aliments secs et durs provoquent une sécrétion abondante; des mets humides et mous n'en déterminent qu'une très faible. Tout mouvement de la mâchoire inférieure, par conséquent la mastication, la parole, le chant, augmentent la sécrétion salivaire. Les substances acides ou aromatiques, celles dont la saveur est prononcée, produisent un effet analogue. Du reste, la sécrétion continue quelque temps encore après l'ingestion des aliments.

Plus il y a eu de salive avalée ou rejetée, moins la salive nouvelle contient de principes solides; les prin-

cipes organiques éprouvent dans ce cas une diminution plus forte que les principes minéraux.

73. La fonction de la salive est complexe ; elle est à la fois mécanique et chimique.

La salive, notamment la sécrétion parotidienne, sert à imprégner d'humidité les aliments secs, et à les rendre plus accessibles aux autres liquides digestifs ; elle sert encore, surtout la sécrétion sous-maxillaire, à lubrifier le bol alimentaire et à faciliter la déglutition. Il est possible que la salive, par sa consistance visqueuse, consistance qui la rend écumeuse par la mastication, serve encore à introduire de l'air atmosphérique dans l'estomac et dans le canal intestinal.

La fonction chimique de la salive est également complexe. La propriété la plus remarquable et la plus importante qu'elle possède sous ce rapport, consiste à transformer en très peu de temps la fécule en sucre. Il est à observer que la sécrétion parotidienne seule ou mêlée au mucus buccal ne produit pas cette transformation ; la sécrétion sous-maxillaire non plus n'est à elle seule susceptible de la déterminer, mais elle acquiert cette propriété lorsqu'elle est mélangée avec du mucus buccal. La sécrétion des parotides n'a donc aucune influence dans la conversion de la fécule en sucre ; le ferment résulte uniquement de la réunion du produit des glandes sous-maxillaires avec la mucosité du palais.

On a cherché à démontrer l'existence d'une diastase salivaire, c'est-à-dire d'un principe immédiat particulier qui, par sa présence dans la salive complexe, déterminerait la transformation de la fécule en sucre ; mais

on n'a pu réussir jusqu'à présent à en établir l'existence.

Il ne faudrait pas, du reste, attribuer une importance trop grande à cette action de la salive sur les matières amylacées. En effet, l'abondance de la sécrétion salivaire n'est nullement en rapport direct avec la quantité de fécule contenue dans les aliments, mais elle est en raison inverse de leur degré d'humidité : ainsi la déglutition de matières amylacées fortement humectées, celle de la bouillie de farine, par exemple, n'entraîne la sécrétion que d'une très faible quantité de salive. Ajoutons à cela que chez certains animaux qui avalent leur nourriture sans la mâcher, les glandes salivaires ne sont qu'à l'état rudimentaire. Souvent, après l'ingestion de substances féculentes on ne trouve que peu de sucre dans le contenu de l'estomac ; quelquefois même on n'en trouve pas du tout. Enfin la nature a créé, dans le suc pancréatique et dans le suc intestinal, des agents qui déterminent avec bien plus d'énergie la transformation de la fécule en sucre.

La salive ne produit aucun effet sur d'autres hydrates de carbone, tels que le sucre de canne, la gomme, la cellulose, le mucilage végétal ; elle est également sans action sur les matières albuminoïdes, sur la gélatine et sur les tissus qui donnent la gélatine.

Des expériences plus précises sont nécessaires avant qu'on puisse affirmer si l'alcalinité de la salive a réellement sur les acides introduits ou produits dans l'estomac cette grande influence que certains auteurs lui attribuent.

On a admis aussi que la salive possède une action dynamique, c'est-à-dire qu'elle produit sur les parois de l'estomac une excitation capable de déterminer une sécrétion plus abondante de suc gastrique, et d'activer d'une manière générale la digestion. Mais des expériences directes, faites sur des animaux, n'ont pas confirmé cette opinion.

Enfin, on a attribué encore à la salive des fonctions passives, comme celles d'entretenir le sens du goût, de faciliter l'émission de la voix, de nettoyer la muqueuse buccale, et de calmer la soif jusqu'à un certain point.

Suc gastrique.

74. Le suc gastrique, à l'état de pureté, est transparent, fluide, incolore (ou tout au plus légèrement jaunâtre), d'une odeur faible et particulière, d'une saveur acide et saline peu prononcée; sa densité est peu supérieure à celle de l'eau; il possède une réaction fortement acide; l'ébullition ne le trouble pas; il se trouble au contraire un peu quand on le neutralise par un alcali. De même que la plupart des liquides acides, le suc gastrique ne se décompose spontanément qu'avec difficulté. Il contient peu d'éléments solides; ceux qu'il renferme sont tantôt des cellules inaltérées provenant des follicules gastriques, tantôt des noyaux de semblables cellules, tantôt des granules microscopiques (fig. 19).

On peut se procurer du suc gastrique assez pur, cependant toujours mêlé d'un peu de salive, en opérant de la manière suivante : On pratique une fistule à l'es-

tomac d'un chien, on fait avaler à l'animal des os faciles à broyer, et l'on ouvre la fistule cinq à dix minutes après. Le liquide qui s'écoule ainsi est séparé, à l'aide d'un filtre, des flocons muqueux et des débris d'aliments entraînés. Lorsqu'on tient à se procurer du suc gastrique absolument exempt de salive, il est indispensable de faire des ligatures à l'œsophage ou du moins aux canaux sécréteurs de la salive.

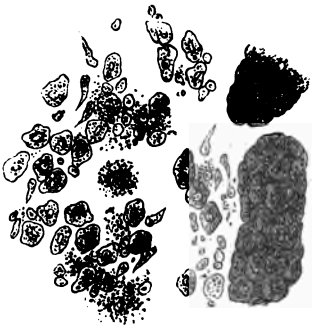


Fig. 19. Granules du suc gastrique.

Autrefois, dans le but d'obtenir le suc gastrique, on faisait avaler aux animaux une éponge attachée à l'extrémité d'un fil; au bout d'un certain temps on retirait l'éponge et on l'exprimait. Plus tard, on préféra tuer les animaux peu après qu'ils avaient pris de la nourriture, et rassembler le liquide qui imprégnait les aliments contenus dans l'estomac.

Le suc gastrique filtré ne contient qu'une petite quantité de principes solides. Dans celui d'une femme on en a trouvé (déduction faite de l'acide chlorhydrique) de 0,517 à 0,562 pour 100; dans celui de chiens, de 1,05 à 2,07 pour 100. La partie solide renferme environ 63 pour 100 de matières organiques, et 37 pour 100 de matières minérales.

On connaît peu les matières organiques ; on sait seulement que le suc gastrique doit principalement à l'une d'elles la propriété de dissoudre les corps albuminoïdes et de les transformer en substances non coagulables.

Cette matière, la *pepsine*, se rapproche des matières albuminoïdes. Soumise à l'action de la chaleur, elle ne se coagule pas, mais elle perd ses propriétés digestives. Le bichlorure de mercure, les sels de plomb, l'alcool, le tannin, la précipitent. Elle est associée à une autre substance organique soluble dans l'eau et l'alcool.

Les *acides libres* du suc gastrique sont l'acide chlorhydrique et l'acide lactique ; ce dernier manque parfois complétement chez les carnivores.

100 parties de suc gastrique renferment ordinairement 0,33 d'acide chlorhydrique et 0,45 d'acide lactique libres. Chez une femme, on a trouvé dans du suc gastrique contenant de la salive une première fois 0,022 pour 100 et une autre fois 0,018 pour 100 d'acide chlorhydrique (sans acide lactique).

En général, dans le suc gastrique obtenu peu après l'ingestion d'aliments, l'acide chlorhydrique libre manque complétement ; on y trouve cependant d'autres acides libres, savoir, l'acide lactique et l'acide butyrique (provenant surtout du pain et de la viande).

Les chlorures prédominent parmi les *principes minéraux ;* à côté du chlorure de sodium on trouve des quantités moindres de chlorures d'ammonium, de calcium, de magnésium, et des traces de chlorure de fer. Il n'y a que fort peu de phosphate de chaux ; les phosphates et sulfates alcalins manquent complétement.

On rencontre accidentellement, dans le suc gastrique, des substances telles que l'iodure de potassium, le ferrocyanure de potassium, les sels de fer et l'urée.

On a nommé *suc gastrique artificiel* un liquide préparé en traitant la muqueuse stomacale par l'acide chlorhydrique étendu. Il possède la propriété de rendre solubles les matières albuminoïdes coagulées.

Quelques expériences faites sur des chiens ont montré que dans les vingt-quatre heures ces animaux peuvent sécréter une quantité de suc gastrique équivalente au dixième du poids de leur corps. D'après cette proportion, un homme pourrait en produire dans le même temps environ 6,4 kilogrammes. D'après des observations directes effectuées sur une femme, le poids du suc gastrique produit dans les vingt-quatre heures aurait même atteint le quart du poids du corps.

75. Quant à la fonction du suc gastrique, elle résulte de la propriété qu'il possède de dissoudre les substances albuminoïdes et les tissus donnant de la gélatine, et de les transformer en produits liquides aisément absorbables (*peptones*).

Cette propriété est complétement détruite par la chaleur, par la neutralisation des acides libres, par l'addition d'acide arsénieux, d'acide sulfureux, d'alun ou de divers sels métalliques; elle l'est partiellement quand on sature le suc gastrique de sels alcalins ou de certains autres composés solubles. Les acides chlorhydrique et lactique ne peuvent être remplacés que très imparfaitement par d'autres acides minéraux puissants; les acides organiques ne peuvent remplir leur fonction.

100 grammes de suc gastrique frais sont capables de dissoudre de 3 à 5 grammes d'albumine coagulée.

Le suc gastrique est sans action sur les aliments non azotés, c'est-à-dire sur les matières grasses et les hydrates de carbone. Il entrave d'ailleurs l'action de la salive sur la matière amylacée ; la conversion de la fécule crue en sucre ne s'effectue pas dans l'estomac en présence du suc gastrique.

Le suc gastrique ne suffit pas pour dissoudre tous les composés albuminoïdes nécessaires à la nutrition d'un animal ; en effet, une grande partie de ces matières abandonne l'estomac sans être digérée. Le fait suivant le prouve aussi : pour l'entretien de toutes ses fonctions physiologiques, un chien a besoin de 50 grammes de viande par jour pour chaque poids de 1000 grammes de son corps. Cette viande renferme 10 grammes d'albuminates ; mais ce chien ne sécrète que 100 grammes de suc gastrique qui, ainsi que nous l'avons vu, peut à peine dissoudre la moitié des albuminates. Il faut donc que d'autres liquides capables de dissoudre les corps albuminoïdes viennent s'épancher dans l'intestin, car les acides libres du suc gastrique y sont saturés par la bile et le suc pancréatique, et le suc gastrique perd ainsi ses propriétés digestives. Il paraît, du reste, d'après les observations peu nombreuses que l'on possède, qu'une quantité d'albuminates encore moindre est digérée dans l'estomac de l'homme que dans celui du chien.

Bile.

76. La bile de la plupart des animaux, telle qu'on la retire de la vésicule, forme un liquide visqueux, filant, coloré en vert ou en brun, d'une saveur amère, d'une odeur propre qui rappelle souvent le musc et qui devient surtout sensible par la chaleur. Sa densité oscille autour de 1,02.

La bile possède ordinairement une réaction faiblement alcaline; souvent elle est parfaitement neutre; ce n'est que très rarement, même dans les maladies, qu'elle présente une réaction acide. Elle se putréfie aisément quand elle renferme du mucus; difficilement, ou même point du tout, quand elle en est exempte.

On ne peut évidemment se procurer de la bile humaine fraîche qu'en la retirant des cadavres des suppliciés, immédiatement après l'exécution. Pour étudier les questions relatives à la sécrétion biliaire, à l'influence de la bile sur la digestion, etc., on a établi des fistules en pratiquant des ligatures sur les vaisseaux biliaires, et déterminant la soudure des parois de la vésicule du fiel avec les bords externes de l'incision.

La bile de tous les animaux contient deux parties essentielles, un ou plusieurs principes résineux et un principe colorant.

Les *acides résineux* ne sont pas les mêmes chez tous les animaux; chez la plupart des mammifères, la bile renferme des cholates (glycocholates) et des taurocholates à base alcaline, mélangés en diverses propor-

tions; les taurocholates cependant prédominent ordinairement. Dans la bile de chien, on n'a trouvé que du taurocholate de soude. La bile de porc renferme des acides particuliers, homologues des acides précédents, et susceptibles, comme eux, de donner par leur métamorphose, soit de la taurine, soit du sucre de gélatine (22). La quantité des acides résineux s'élève ordinairement, dans la bile, aux trois quarts du résidu solide.

La *matière colorante* de la bile des divers animaux se présente sous deux modifications différentes, l'une brune, l'autre verte. La modification verte paraît être un produit d'oxydation de la modification brune; toutefois ces matières sont encore fort peu étudiées. On connaît les changements caractéristiques de couleur que le pigment brun éprouve sous l'influence de l'acide nitrique. On n'a pas pu déterminer, même d'une manière approximative, les proportions de matière colorante renfermées dans la bile.

La *cholestérine* ne manque jamais dans la bile; elle se trouve à l'état de véritable dissolution dans les taurocholates alcalins, et ne s'observe que très rarement sous la forme de cristaux.

Les *matières grasses neutres*, également maintenues en dissolution à la faveur des taurocholates, ainsi que les sels à base d'alcali formés par des acides gras, entrent presque toujours dans la constitution de la bile. On a trouvé dans le résidu solide de la bile humaine de 27 à 30 pour 100 de cholestérine, de matières grasses neutres et d'acides gras.

Parmi les *principes minéraux* de la bile, c'est encore, comme d'ordinaire, le chlorure de sodium qui prédomine ; de plus, on trouve dans la bile une certaine quantité de phosphate et de carbonate de soude, de phosphates de chaux et de magnésie, avec des traces de fer et de manganèse; on ne rencontre dans la bile récemment extraite ni sulfates alcalins, ni sels ammoniacaux. Il est à remarquer que la bile des poissons de mer ne renferme guère que des sels de potasse, tandis que celle des herbivores ne contient que des sels à base de soude.

C'est principalement au *mucus* que la bile doit sa consistance visqueuse; ce mucus, très fluide, ne renferme que de petites quantités de cellules épithéliales.

La bile normale de l'homme contient en moyenne 14 pour 100 de parties solides (les proportions varient de 10,2 à 17,7 pour 100); celles du bœuf, de 10 à 13 pour 100; celle du porc, de 10,6 à 11,8. Les principes organiques représentent chez l'homme les 90 centièmes de tout le résidu solide; chez la plupart des animaux, ils sont en moindre proportion par rapport aux principes minéraux et ne s'élèvent parfois qu'aux 86 centièmes des parties solides.

La bile de la plupart des carnivores a une nuance qui varie du jaune au jaune brunâtre, celle des herbivores est verte. Toutefois la bile brunâtre, par un long séjour dans la vésicule (ce qui arrive à la suite d'une diète prolongée), devient également verte. Ainsi le pigment biliaire subit déjà une oxydation dans l'intérieur de la vésicule. Un séjour prolongé dans cet organe concentre la bile ; chez les chiens et les chats, par exemple, la bile

récemment formée dans le foie contient 5 pour 100 de principes solides ; la bile retirée de la vésicule en renferme 10 et même 20 pour 100.

L'*albumine* existe dans la bile de l'embryon ; on la trouve parfois dans le foie gras, pendant la maladie de Bright et dans les cas d'abcès du foie.

L'*urée* se rencontre dans l'urémie, et surtout dans le choléra et la maladie de Bright.

Dans la bile qui, par suite de maladie, a séjourné pendant longtemps dans la vésicule, on trouve fréquemment des sédiments qui, vus au microscope, paraissent composés de petites tiges verdâtres ou brunâtres, de corpuscules cylindriques ou de cristaux agglomérés ; on a donné à cette matière le nom de *bilifulvine*. Parmi ces corpuscules, on rencontre souvent aussi des cristaux rhomboédriques d'un rouge rubis ou jaunâtre, ressemblant à l'*hématoïdine*, qu'on observe dans d'anciens épanchements sanguins ; ces cristaux bacillaires se transforment d'ailleurs en cristaux parfaitement semblables à ceux de l'hématoïdine, lorsqu'on dessèche la bile qui les renferme ou qu'on la traite par l'éther.

La proportion des principes solides de la bile augmente en général pendant les maladies du cœur et du bas-ventre, qui ralentissent la marche du sang dans les grandes veines, et pendant le choléra, où tous les liquides de l'économie deviennent plus denses en perdant de l'eau. Au contraire, la bile devient plus aqueuse après les inflammations violentes, dans l'hydropisie, le typhus, les affections tuberculeuses et le diabète ; dans ces divers cas, la quantité d'eau contenue dans la bile paraît

être dans un rapport généralement constant avec la proportion d'eau renfermée dans le sang.

Les *calculs biliaires* qu'on rencontre si souvent dans la vésicule du fiel, notamment chez les personnes âgées, sont en général de deux espèces : les uns renferment un noyau calcaire coloré, de grosseur variable, et se composent presque uniquement de cholestérine; il est rare que cette matière manque complétement et que le calcul soit exclusivement formé de matière calcaire. Les autres calculs qu'on distingue à leur couleur vert foncé ou noire, contiennent une modification particulière de la matière colorante de la bile, ainsi que beaucoup de matière calcaire, mais ils sont presque absolument dépourvus de cholestérine.

On ne trouve que très rarement des calculs biliaires composés essentiellement de carbonate et de phosphate de chaux.

Des expériences faites avec soin sur la quantité et la nature de la bile, qui est sécrétée dans un temps donné, ont conduit aux résultats suivants : Pour 1000 grammes de son poids, un chat fournit dans les vingt-quatre heures 14gr,5 de bile (renfermant 0gr,816 de matières solides); un chien, 20gr,0 (1,0, *id.*); une brebis, 25gr,42 (1,34, *id.*); un lapin, 137gr,8 (2,47, *id.*); une oie, 11gr,78 (0,816, *id.*); une corneille, 72gr,1 (5,256, *id.*). Ces nombres, toutefois, ne sont qu'approximatifs, car d'autres expérimentateurs ont obtenu des résultats sensiblement différents.

77. La sécrétion de la bile a lieu sans interruption, mais elle augmente ou diminue, selon que la digestion est plus ou moins avancée. Elle augmente à partir de la

troisième heure qui suit le repas; l'augmentation continue jusqu'à la treizième ou à la quinzième heure; puis la sécrétion diminue si rapidement, qu'après la vingt-quatrième heure elle n'est pas plus abondante que deux heures après l'ingestion des aliments. Par un jeûne prolongé, la sécrétion de la bile diminue sans cesse : chez les chats, par exemple, après un jeûne de dix jours, elle se réduit au quart de ce qu'elle était vingt-quatre heures après le dernier repas.

L'abondance de la sécrétion du foie est aussi en rapport avec la masse des aliments ingérés.

La nature de ces aliments exerce également une influence sur elle. D'après de nombreuses expériences, l'ingestion de la viande détermine une sécrétion plus abondante que celle des substances végétales. D'autres expériences, cependant, ont conduit à des résultats différents : on a trouvé, par exemple, qu'un chien ne sécréta que 1gr,204 de bile après l'ingestion de 10 grammes de viande fraîche, tandis qu'il en produisit 1gr,341 pour 10 grammes de pain rassis d'un jour. Il faut observer pourtant que la bile sécrétée contenait dans le premier cas 3,056 pour 100 de principes solides, dans le second seulement 2,639 pour 100.

Une addition copieuse de matières grasses à la nourriture ordinaire détermine un accroissement notable dans la sécrétion de la bile; mais une nourriture exclusivement composée de semblables matières est sans aucune influence, à tel point qu'en pareil cas la sécrétion de la bile n'est pas plus abondante que par une abstinence complète.

L'ingestion d'une grande quantité d'eau augmente la sécrétion biliaire; non-seulement la bile devient alors plus aqueuse, mais le foie sécrète aussi dans le même temps une quantité plus considérable de principes solides.

L'ingestion du carbonate de soude la diminue notablement; l'usage du calomel l'augmente, mais l'augmentation ne porte que sur l'eau, tandis qu'il ne se sécrète pas plus de principes solides qu'à l'ordinaire.

La sécrétion de la bile diminue pendant les fièvres.

De tout temps les fonctions de la bile dans la digestion ont été différemment interprétées. Il est certain que l'une des fonctions les plus importantes de ce liquide consiste à saturer les acides du suc gastrique, passant dans le duodénum avec les aliments digérés. Le contenu du duodénum possède toujours, il est vrai, une réaction acide, mais il ne la doit pas à l'acide chlorhydrique ou à l'acide lactique; cette réaction provient des acides résineux de la bile, qui ne tardent pas à se décomposer dans l'intestin.

La bile n'exerce aucune action dissolvante particulière sur les éléments du chyme; cependant l'eau qui se répand par elle dans l'intestin doit évidemment dissoudre quelques-uns de ces principes et en précipiter d'autres à l'état insoluble.

La bile empêche jusqu'à un certain point la fermentation putride des matières contenues dans l'intestin; lorsqu'elle manque, le contenu du gros intestin et les excréments prennent d'ordinaire une odeur des plus repoussantes.

On a toujours pensé que la bile jouit de la propriété de dissoudre les matières grasses. Cette propriété, alors même qu'elle ne l'aurait qu'à un faible degré, ne saurait être entièrement niée; d'ailleurs, on a démontré par des expériences directes que l'acide taurocholique, l'un des éléments de la bile, la possède en réalité. Malgré cela, le pouvoir dissolvant de la bile pour les matières grasses neutres est si faible, qu'il ne suffirait pas pour déterminer la dissolution de toutes les matières grasses destinées à être absorbées par l'intestin. Et cependant le fait bien connu que la bile enlève facilement les taches de graisse, indique assez que cette sécrétion doit avoir une certaine influence sur le transport des matières grasses dans l'organisme. Il résulte d'expériences plus récentes, que la bile change les conditions d'adhésion entre les liquides huileux et les membranes imprégnées d'eau : ainsi on a reconnu que les huiles s'élèvent à une hauteur bien plus grande dans des tubes capillaires humectés de bile que dans les mêmes tubes secs ou humectés d'eau; il est certain aussi que la graisse traverse bien plus aisément les membranes imprégnées de bile que les membranes mouillées avec de l'eau.

Ces faits expliquent assez l'influence de la bile dans l'absorption des matières grasses; en voici d'autres qui montrent qu'en réalité cette absorption ne peut être que très faible sans le concours de cette sécrétion. Chez les animaux dont toute la bile s'écoule au dehors par des fistules, on trouve que les quantités d'albuminates et d'hydrates de carbone absorbées sont les mêmes que si les fistules n'existaient pas. Il n'en est pas de même des

matières grasses : une partie, il est vrai, en est encore absorbée, lors même que la bile n'arrive plus dans l'intestin, mais la quantité de matière grasse absorbée est 2 fois $\frac{1}{2}$ moindre que dans le cas où la bile s'épanche librement dans l'intestin.

Un chien, pour chaque kilogramme de son poids, absorbe en vingt-quatre heures, de 0gr,5 à 0gr,6 de graisse, tandis que lorsque la bile n'arrive plus dans l'intestin, il n'en absorbe environ que 0gr,1.

Le chyle de chiens nourris avec de la graisse renferme normalement plus de 3 pour 100 de matières grasses ; si l'on fait écouler la bile par une fistule, on ne trouve presque plus dans ce chyle que des acides gras, dont la proportion s'élève à 0,8 pour 100. On a trouvé aussi dans le chyle d'un chien abondamment nourri de viande, et sur lequel on avait pratiqué une semblable fistule, 0,2 pour 100 seulement de matières grasses, tandis que dans le chyle d'un chien bien portant et sans fistule, auquel on ne donnait que de la viande peu riche en graisse, on en trouva jusqu'à 3,2 pour 100. Ces expériences mettent donc hors de doute l'importance et le mode d'action de la bile dans l'absorption des matières grasses par l'organisme.

Les faits suivants établissent que la bile ne prend naissance que dans le foie : chez les grenouilles, auxquelles on avait enlevé le foie, on n'a pu trouver dans le sang aucun des principes de la bile. Dans les maladies qui attaquent le parenchyme du foie et entravent par conséquent la sécrétion biliaire, il ne se manifeste jamais d'ictère. Il ne préexiste aucun des principes essentiels

de la bile dans le sang de la veine porte. Pendant le passage très lent du sang à travers le foie, ce liquide subit de si profondes modifications, comme on peut s'en assurer par l'examen comparatif du sang de la veine porte et du sang des veines hépatiques, qu'il est impossible d'admettre que le foie, à la manière d'un filtre, opère simplement la séparation de certains principes du sang (comme les reins, par exemple, filtrent l'urine).

Suc pancréatique.

78. Le suc pancréatique constitue un liquide incolore, transparent, légèrement gluant, insipide et inodore, doué d'une réaction alcaline assez forte : il est coagulé par la chaleur, ainsi que par l'addition des acides minéraux. Son poids spécifique est assez variable, car, suivant la durée de la sécrétion, il renferme tantôt plus, tantôt moins de principes solides. La *concentration du suc pancréatique est*, en effet, *en raison inverse de la quantité qui en est sécrétée dans un temps donné*. Ainsi, dans le suc pancréatique du chien on a trouvé des proportions de principes solides variant entre 1,62 et 11,56 pour 100.

A la température ordinaire, le suc pancréatique exposé à l'air commence à se putréfier au bout de quelques heures. Il transforme en quelques minutes l'amidon en glucose, et décompose les matières grasses neutres en glycérine et en acides gras correspondants.

Pour le recueillir, il n'y a d'autre moyen que de pratiquer sur le canal de Wirsung une fistule ayant issue au dehors.

Le principe le plus important du suc pancréatique est une *matière albuminoïde*, qui n'est identique ni avec l'albumine ni avec la caséine.

Le suc pancréatique se coagule sous l'influence de la chaleur; l'alcool y détermine un précipité qui, même après des lavages prolongés à l'alcool, demeure soluble dans l'eau. L'acide acétique y produit aussi un précipité qu'un excès d'acide, aidé de la chaleur, redissout lentement. Le résidu solide contient environ 78 pour 100 de cette substance.

Outre une *matière grasse* analogue au beurre, on y trouve en très petite quantité une matière organique, soluble dans l'alcool.

Les *principes minéraux* les plus importants du suc pancréatique sont le chlorure de sodium, les phosphates alcalins et terreux, les sulfates alcalins et le carbonate de chaux.

Quant à la quantité de liquide sécrété par le pancréas, on a trouvé qu'un chien, par chaque kilogramme qu'il pèse, produit en vingt-quatre heures environ 35 grammes de suc pancréatique.

La sécrétion atteint son maximum pendant la digestion (chez les ruminants, après la rumination).

La quantité de suc sécrété est indépendante du volume du pancréas. L'abstinence prolongée, les vomissements et les opérations la diminuent; l'ingestion d'aliments solides, et surtout de boissons, l'augmente considérablement.

Le suc pancréatique peut remplir dans la digestion un double rôle, en rapport avec les propriétés que nous

venons d'énoncer ; il est susceptible de convertir la fécule en glucose et de transformer les matières grasses en substances propres à être absorbées. De nombreuses expériences établissent que le suc pancréatique convertit réellement la féeule en glucose pendant la digestion ; il possède cette propriété à un bien plus haut degré que la salive ; son action est encore manifeste à une basse température ; elle n'est entravée ni par la bile, ni par le suc gastrique, ni par les acides libres.

Il n'en est pas de même de la propriété que possède le suc pancréatique de décomposer les matières grasses neutres : il la perd dès qu'il se trouve en contact avec des acides libres, par exemple avec les acides du suc gastrique. Il n'est pas exclusivement destiné à décomposer dans l'intestin les matières grasses neutres ; en effet, on ne trouve jamais des quantités notables d'acides gras, ni dans le chyme, ni dans le chyle des vaisseaux chylifères ; les corps gras neutres y dominent toujours. Alors même qu'on fait écouler au dehors tout le suc pancréatique, les matières grasses qui sont introduites par les aliments sont absorbées dans les mêmes proportions que dans le cas où le suc pancréatique arrive naturellement dans l'intestin.

Comme cette sécrétion est entièrement transformée ou résorbée dans l'intestin grêle, avant même d'en avoir dépassé la première moitié, on ne peut pas admettre non plus que le contenu, souvent neutre ou alcalin de l'iléum, possède la propriété de décomposer les matières grasses neutres.

Suc intestinal.

79. Ce liquide, sécrété par les follicules utriformes du canal intestinal (glandes de Lieberkühn et follicules du gros intestin), est incolore, filant, doué d'une réaction alcaline. Parmi ses éléments solides, on remarque des cellules granulées, des noyaux cellulaires, parfois aussi un peu de graisse et des débris d'épithélium cylindrique.

Après avoir été filtré, il renferme en moyenne 3,2 pour 100 de principes solides; il ne se coagule pas par l'ébullition et ne se trouble pas par l'acide acétique. L'alcool en précipite une matière organique qui se redissout dans l'eau pure, et dont la solution n'est précipitée ni par les acides minéraux ni par le bichlorure de mercure, mais bien par l'acétate de plomb.

Le suc intestinal débarrassé de bile et de suc pancréatique s'obtient en pratiquant des ligatures sur des anses intestinales dont on a préalablement expulsé le contenu aussi bien que possible par la pression, ou en établissant des fistules intestinales sur des animaux dont la bile et le suc pancréatique s'écoulent au dehors par d'autres fistules.

On ne peut déterminer avec exactitude la quantité totale de suc intestinal qui est sécrétée dans un temps donné; toutefois on a observé que c'est cinq à six heures après le repas qu'il s'en épanche le plus dans l'intestin grêle, et qu'après l'ingestion de boissons cette quantité augmente beaucoup.

Quant à ses fonctions, le suc intestinal remplace en quelque sorte le suc gastrique et le suc pancréatique, devenus inactifs pendant leur trajet dans l'intestin grêle. En effet, il possède non-seulement, comme le suc pancréatique, la propriété de transformer très rapidement la fécule en glucose, mais encore il est apte, malgré sa réaction alcaline, à dissoudre la chair et les autres composés albuminoïdes et à les rendre propres à l'absorption. On a introduit dans des anses intestinales de la fécule, de la farine; au bout de trois heures, ces substances se trouvaient déjà transformées en sucre, et absorbées en grande partie; de même, des morceaux de viande et du blanc d'œuf coagulé étaient dissous au bout de six à quatorze heures.

Contenu de l'intestin.

80. Le contenu de l'intestin, même après l'ingestion d'aliments assez simples, consiste en un mélange de matières non digérées, de matières non digestibles, de substances transformées ou décomposées, et d'autres corps provenant de la métamorphose des sucs digestifs.

Sa réaction varie d'une partie à l'autre de l'intestin, et avec la nature des aliments. Le contenu de l'estomac, dans l'état normal, rougit toujours le tournesol, quels que soient les aliments; celui du duodénum, malgré l'affluence de la bile et du suc gastrique, possède encore une réaction acide, bien moins prononcée, il est vrai, que celle de l'estomac; dans le jejunum, la réaction est encore généralement acide; mais le contenu de l'iléum,

notamment dans la proximité du cœcum, est neutre ou alcalin. Après une abondante ingestion de viandes, la réaction acide disparaît ordinairement un peu au delà du duodénum ; elle est bientôt remplacée par la réaction alcaline. Au contraire, après une alimentation végétale, la réaction acide s'étend souvent jusqu'au delà de la moitié de l'intestin grêle ; après l'ingestion du sucre, elle atteint même le cœcum. Le contenu du gros intestin est en général alcalin ; il arrive pourtant assez souvent que les portions extérieures, celles qui étaient le plus en contact avec les parois, présentent une réaction alcaline, tandis que les portions intérieures sont fort acides.

On ne saurait douter que la réaction acide des matières contenues dans l'estomac ne soit due aux acides libres du suc gastrique, à l'acide chlorhydrique ou à l'acide lactique. L'acide qu'on trouve dans le duodénum a sans doute la même origine ; toutefois il serait possible aussi que la réaction acide fût due aux acides de la bile devenus libres et non encore décomposés. On s'est assuré par des expériences directes que l'acide libre contenu dans l'intestin grêle, après l'ingestion d'aliments riches en fécule ou en sucre, est formé d'acide lactique. Dans le cœcum et le côlon, il se produit parfois une fermentation butyrique aux dépens de la fécule et du sucre ; d'où peut résulter la réaction acide des portions intérieures des matières contenues dans ces parties. Il est d'ailleurs évident que la réaction alcaline, partout où on l'observe, est due aux sucs digestifs alcalins ; dans le côlon, cependant, la présence de l'ammoniaque peut aussi y contribuer.

A cause de la rapidité de l'absorption dont il est le siége, on ne peut retirer du duodénum qu'une faible quantité de *matières solubles;* la substance qu'on y rencontre le plus fréquemment, c'est le *glucose*, qui provient évidemment de la fécule des aliments végétaux. On le trouve jusque dans le cœcum.

Dans les liquides obtenus en lavant à l'eau le contenu de l'intestin grêle, on rencontre toujours des composés albuminoïdes coagulables, aussi bien après l'ingestion de matières végétales qu'après celle de substances animales. Comme ces composés se transforment pour la majeure partie, pendant la digestion, en matières solubles, non coagulables (*peptones*); que, d'ailleurs, le principe coagulable du suc pancréatique disparaît bientôt de l'intestin, et que les composés coagulables dont nous parlons s'y observent même pendant une nourriture exclusivement non azotée, il est fort probable qu'ils proviennent du sang, d'où ils ont été apportés par des courants d'endosmose.

Ce n'est qu'en proportions extrêmement faibles qu'on trouve dans l'intestin de la *dextrine* et des composés albuminoïdes non coagulables (*peptones*).

Dans l'extrait alcoolique des matières intestinales, on découvre certains *principes de la bile*, outre du glucose, des acides libres et leurs sels à base d'alcali. La présence des acides résineux de la bile se constate encore dans le duodénum et dans son voisinage; mais plus on avance dans l'intestin grêle, moins ils sont abondants; à leur place apparaissent leurs produits de décomposition, l'acide choloïdique et la dyslysine. Le gros intestin

ne renferme que peu de produits de transformation; il contient une plus grande quantité de matières solubles dans l'éther, présentant avec l'acide sulfurique et le sucre la réaction connue de la bile; enfin on y rencontre encore de petites quantités de taurine. On s'est assuré par des expériences particulières que la moitié de la bile épanchée dans l'intestin se trouve déjà décomposée au milieu de la longueur de l'intestin grêle.

Des *matières grasses* se trouvent souvent dans toutes les régions du canal intestinal, surtout par un régime animal; quand la nourriture est très riche en matières grasses, une partie de ces matières passe presque toujours dans les excréments.

On découvre aussi toujours des quantités très faibles de *cholestérine* parmi les matières intestinales.

La *matière colorante de la bile* éprouve peu à peu, dans les intestins, la même série de transformations que pendant la putréfaction de la bile. La couleur jaune des excréments est due à cette matière colorante complétement modifiée.

Les *principes insolubles* dans les menstrues neutres consistent soit en formations cellulaires provenant des sucs digestifs, soit en résidus d'aliments non digérés ou non digestibles.

Les granules d'*amidon* sont d'autant plus petits qu'ils sont plus avancés dans le parcours du canal intestinal; parfois on n'en trouve que les enveloppes, qui ressemblent alors à des vésicules rompues ou crevées.

Les *fibres musculaires* se rencontrent dans les phases les plus variées de leur transformation; souvent on

trouve des fibres primitives jusque dans le côlon, puis de petits débris parallélipipédiques, sur lesquels on peut encore apercevoir des stries transversales, qui n'apparaissent souvent que par de fines ponctuations parallèles; plus loin on observe plus fréquemment des stries longitudinales; enfin il ne reste plus qu'une masse transparente qu'on ne peut plus reconnaître comme rudiments de fibres qu'à la présence de quelques points saillants isolés.

On rencontre souvent des *débris d'os* dans les diverses parties de l'intestin du chien.

On observe fréquemment aussi des *globules de levûre* après l'ingestion de pâtisserie.

A la suite d'une alimentation végétale, on retrouve dans les intestins presque tous les éléments solides du *tissu végétal*. Les cellules de chlorophylle restent tout à fait inaltérées; celles du parenchyme sont seulement isolées parfois; les trachées déroulables paraissent souvent détachées, notamment dans les excréments.

Les *gaz* qu'on rencontre normalement ou anormalement dans le canal intestinal tirent leur origine soit de l'air atmosphérique qui se mêle aux aliments pendant la mastication et l'insalivation, soit de la décomposition des matières intestinales. Il en résulte des différences dans la composition des produits gazeux qu'on peut extraire des diverses parties de l'intestin.

Le mélange gazeux de l'estomac renferme encore un peu d'oxygène, des proportions assez notables d'acide carbonique, de l'azote et des traces d'hydrogène. Tout l'oxygène disparaît dans l'intestin grêle, où l'on trouve

au contraire en abondance l'hydrogène et l'acide carbonique. Ces derniers gaz sont évidemment des produits de décomposition ; il serait possible aussi qu'une partie de l'acide carbonique provînt du sang. Dans le gros intestin, où non-seulement se continuent les phénomènes de décomposition commencés dans l'iléum, mais où ces phénomènes acquièrent plus d'intensité, il se produit ordinairement un dégagement gazeux plus abondant. A l'acide carbonique et à l'azote se joignent alors des quantités considérables de carbure d'hydrogène et de petites quantités d'hydrogène sulfuré.

81. Quant aux matières intestinales du *fœtus*, elles sont aussi différentes suivant la portion du canal digestif d'où on les extrait. Dans l'intestin grêle du fœtus humain (à partir du cinquième mois), on trouve une matière d'une couleur jaune clair, neutre ou faiblement acide; elle se compose principalement de débris d'épithélium et de mucosités (le tout formant de 89 aux 96 centièmes des parties solides); l'extrait éthéré qu'elle fournit consiste en acide oléique et acide margarique, avec un peu de graisse non saponifiée; dans l'extrait alcoolique, on trouve des traces d'acides résineux et de matière colorante de la bile. Enfin il s'y rencontre encore des chlorures alcalins et une substance analogue à la caséine.

Le contenu du gros intestin, chez le fœtus âgé de sept à neuf mois, est presque absolument semblable au *méconium* expulsé après la naissance; il forme des masses assez compactes d'un vert brunâtre presque noir, sans odeur, d'une saveur des plus caractéristiques; il se pu-

tréfie aisément à l'air. Le méconium et le contenu du gros intestin possèdent ordinairement une légère réaction acide; rarement ils sont neutres. Ils renferment principalement de l'épithélium cylindrique qui présente une couleur verte sous le microscope, du mucus et de la graisse, parmi laquelle beaucoup de cholestérine; on n'y trouve ni acide, ni pigment de la bile, non plus qu'aucune matière susceptible de se coaguler par l'action de la chaleur ou de l'acide acétique.

82. Les matières intestinales sont fréquemment rejetées par les *vomissements;* souvent elles présentent alors d'autres caractères que le contenu normal de l'intestin. Les matières vomies se composent évidemment de substances non digérées ou incomplétement digérées, mélangées avec des sucs digestifs. D'après cela, plus il s'écoule de temps entre l'instant où surviennent les vomissements et celui où la nourriture est ingérée, plus cette dernière se trouve altérée. Les transformations que présentent les matières vomies sont normales ou anormales, c'est-à-dire qu'elles sont celles qu'éprouvent les aliments par une digestion normale, ou qu'elles sont différentes et résultent d'une fermentation acide. Si les vomissements ont lieu longtemps après l'ingestion des aliments, de telle sorte que le contenu du duodénum est également expulsé, on trouve transformées toutes les substances alimentaires, les matières végétales aussi bien que les matières animales. Dans la plupart des cas, les aliments se trouvent avoir subi des transformations anormales; la fécule et le sucre notamment ont éprouvé des fermentations très variées : tantôt ils ont produit de

l'acide lactique, tantôt de l'acide acétique, quelquefois même de l'acide butyrique. Parfois les hydrates de carbone ont été transformés en une masse incolore et filante.

Les divers degrés de décomposition qu'éprouve la mucosité sécrétée par les parois malades de l'estomac sont apparemment la cause de ces fermentations multiples dont on trouve les produits dans les matières vomies. Outre les globules de levûre qui y sont très fréquents, on y observe quelquefois aussi des algues microscopiques; celles-ci forment des lames composées d'un nombre plus ou moins considérable de cellules à quatre divisions (d'un diamètre variant de $0^{mm},0075$ à $0^{mm},00451$) semblables à des paquets déficelés. On leur a d'abord donné le nom de *Sarcina ventriculi;* mais, selon toute apparence, elles paraissent identiques avec les *Merispomedia punctata* (Meyen) et les *Gonium tranquillum* et *glaucum* (Ehrenberg). Elles ne peuvent servir à caractériser telle ou telle affection de l'estomac.

Fréquemment des matières liquides très aqueuses sont vomies sans ingestion préalable d'aliments. Ces liquides proviennent quelquefois de la salive qui s'est successivement accumulée dans l'estomac; souvent leur réaction est alors alcaline. Il n'est pas rare non plus que des liquides fortement acides soient rejetés par les vomissements; on n'a pas encore examiné la nature des acides libres auxquels est due cette réaction.

Les liquides semblables à de l'eau de riz, qui sont vomis pendant le choléra, possèdent une odeur faible, mais repoussante, et laissent déposer des flocons blancs

de mucus et d'épithélium. Ils renferment peu de matières organiques en dissolution; on y trouve principalement du chlorure de sodium avec une petite quantité de sulfates alcalins. A l'origine de la maladie, le liquide vomi renferme de l'acide butyrique et de l'acide acétique libres; s'il est exempt de débris d'aliments et qu'il possède une réaction neutre ou acide, on y trouve toujours de l'urée; s'il a une réaction alcaline, comme dans les cas d'urémie, on y rencontre des sels ammoniacaux, et notamment du carbonate d'ammoniaque. Dans les liquides acides, on trouve très peu d'albumine; cette substance est un peu plus abondante dans les déjections alcalines.

La présence des principes de la *bile* se reconnaît surtout à la coloration verte des matières vomies.

Le sang ne peut pas toujours se reconnaître à la coloration rouge ou à la présence des globules; souvent des masses analogues à du marc de café ou de couleur chocolat sont rejetées lorsque le sang a séjourné pendant longtemps dans l'estomac; alors on y trouve encore des vestiges de globules, et dans les produits d'incinération une grande quantité de fer.

Le *sang* est assez fréquent dans les matières vomies; il paraît qu'on le trouve surtout dans celles des diabétiques.

Souvent aussi on y rencontre des *matières grasses*.

83. D'après ce que nous avons dit déjà plus haut sur le contenu du gros intestin, il est à peine nécessaire de rappeler que les *excréments solides*, les *fèces*, consistent en quantités plus ou moins considérables de matières

non digestibles, en tissus végétaux, tendons, membranes, faisceaux de fibres musculaires primitives, etc.; qu'ils ne renferment que des traces de produits de décomposition des principes de la bile; qu'ils contiennent des quantités notables d'épithélium, de mucus, etc. La mauvaise odeur des excréments paraît résulter surtout de la décomposition de la bile et du mucus; leur réaction est généralement acide, très souvent aussi neutre ou alcaline. Les excréments normaux de l'homme contiennent environ 25 pour 100 de matières solides (leur proportion varie de 7 à 31 pour 100).

Un adulte rejette en moyenne 150 grammes de fèces (quantité variant de 70 à 310 grammes), et par suite environ 38 grammes de matières solides (quantité variant de 16 à 57 grammes).

Les excréments solides renferment ordinairement fort peu de sels solubles. Les fèces d'homme desséchées contiennent environ 6,7 pour 100 de *parties minérales*, parmi lesquelles 1,50 pour 100 de sels solubles (ce qui fait les 23 centièmes des cendres).

Ce n'est que dans les cas où les aliments traversent le canal intestinal rapidement et d'une manière anormale, que des quantités de sels plus considérables sont évacuées avec les aliments par le rectum. Si la digestion se fait régulièrement, la *magnésie* prédomine, dans les excréments, sur la *chaux*, c'est-à-dire que les sels de chaux paraissent être absorbés dans l'intestin en plus forte proportion que les sels de magnésie; de là vient que le rapport de la magnésie à la chaux est d'ordinaire, dans les excréments, de 1 à 2 ou 2 1/2, tandis qu'il y a rela-

tivement bien plus de chaux dans les aliments. Dans les excréments de l'homme et des carnivores, ces deux bases sont unies à l'*acide phosphorique*. Le phosphate double d'ammoniaque et de magnésie est un élément constant des fèces, lorsque celles ci sont neutres ou alcalines; on peut, à l'aide du microscope, en constater facilement la présence; ce sel provient non-seulement de la magnésie des aliments, mais il résulte aussi de la décomposition du mucus, notamment dans les diarrhées du typhus, du choléra, etc.

On trouve presque toujours un peu de *silice* dans les excréments : tantôt elle s'y rencontre sous forme de sable, tantôt elle provient de parties insolubles des tissus végétaux.

Les *principes de la bile* n'y sont contenus, à l'état non décomposé, que si les matières intestinales traversent rapidement le tube digestif, comme dans les diarrhées catarrhales, après l'ingestion de sels purgatifs, etc. La taurine existe toujours dans les fèces. Quand les canaux biliaires sont obstrués, les excréments ne renferment point de bile; ils sont alors d'un gris blanchâtre sale, d'une odeur putride très désagréable, et renferment plus de matière grasse qu'à l'ordinaire.

Les excréments jaune clair, demi-fluides, des nourrissons, contiennent beaucoup de matières grasses et des quantités assez considérables de caséine coagulée et non digérée ; la matière colorante de la bile y est si peu décomposée qu'elle présente encore avec l'acide nitrique les colorations caractéristiques; on y trouve aussi les acides de la bile (qui donnent avec le sucre et l'acide

sulfurique les réactions connues). Enfin on y remarque également de l'épithélium.

Parfois les excréments sont verts par l'effet d'une affluence abondante de la bile dans l'intestin, surtout dans les cas où celui-ci contient beaucoup d'acide libre; telle est l'origine de la coloration verte des excréments dans l'ictère des nouveau-nés. Elle est due à la matière colorante de la bile. On y trouve aussi peu altérés les acides résineux de la bile.

On connaît la teinte vert-pré des selles après l'usage du calomel; elles contiennent du sulfure de mercure, dont l'extrême division détermine probablement cette coloration, en partie du moins; il y a, du reste, aussi dans ces excréments plus de bile non modifiée qu'à l'ordinaire.

Après l'usage prolongé de préparations ou d'eaux minérales ferrugineuses, les excréments sont souvent colorés en noir ou en vert. Cette teinte provient principalement du protosulfure de fer. Lorsqu'on dissout de l'albuminate de fer dans la potasse caustique et qu'on fait passer dans la liqueur un courant d'hydrogène sulfuré, on obtient un liquide fortement coloré en vert par ce sulfure.

Les excréments sont également colorés en vert après l'ingestion de l'indigo; ils sont noirs après qu'on a mangé des myrtilles, en jaune clair après l'ingestion de rhubarbe, de gomme-gutte, de safran.

Dans les consomptions, ils sont quelquefois plus riches en *matière grasse* que d'ordinaire.

Ceux des diabétiques renferment parfois du *glucose*.

Les selles sont noires, couleur chocolat et goudron-

neuses, quand elles renferment du *sang* et que celui-ci s'y est épanché dès la partie supérieure du canal intestin; les selles demi-fluides, verdâtres, que l'on observe quelquefois dans le typhus et dans d'autres maladies, doivent aussi cet aspect à la présence du sang, que le microscope y décèle aisément.

Il passe de l'*albumine* soluble dans les fèces pendant la dysentérie, le typhus, et quelquefois aussi pendant la maladie de Bright et le choléra. C'est dans cette dernière maladie que les déjections contiennent le plus d'épithélium.

On observe en abondance des *corpuscules cytoïdes* dans les excréments des diarrhées catarrhales, de la dysentérie, du typhus et du choléra.

Dans les catarrhes du gros intestin, on trouve dans les fèces un *mucus* vitreux; celui-ci provient des follicules du côlon et renferme des cellules rondes ou ovales, pâles ou granulées, ou des noyaux cellulaires.

Les excréments contiennent des *exsudations fibrineuses* dans les ulcérations des follicules et la dysentérie.

Les *concrétions intestinales* qu'on observe fréquemment chez les herbivores consistent principalement en phosphate de magnésie, phosphate d'ammoniaque et carbonate de chaux. On nomme *bézoards* des concrétions particulières à divers animaux du genre chèvre ou gazelle; ils se composent tantôt de phosphate ammoniaco-magnésien et de phosphate de chaux, tantôt d'acide lithofellique ou d'acide ellagique.

Sécrétion cutanée.

84. Nous avons à considérer ici non-seulement les sécrétions des follicules sébacés répandus sur la peau, mais encore celles des glandes de Meibomius, des glandes cérumineuses, le smegma du prépuce, le castoréum et l'enduit caséeux du fœtus.

Toutes ces sécrétions renferment plus ou moins d'éléments solides, principalement de petites cellules épithéliales provenant des follicules de la peau; ordinairement il s'y mêle des cellules épidermiques. Outre cela, on y trouve (surtout dans la chassie et le cérumen) des cellules particulières, ovales, anguleuses ou sphéroïdes de $0^{mm},01128$ à $0^{mm},0075$ de diamètre, qui, avec un noyau pâle, à nucléoles, renferment encore de petits granules foncés, à contours tranchés, et quelques gouttelettes de graisse. Dans l'état d'irritation, les follicules sécrètent aussi des cellules (cellules de mucus ou de pus).

Parmi les composés chimiques que l'on rencontre dans les sécrétions cutanées, se trouve toujours une *substance albuminoïde* peu étudiée; l'enduit caséeux en renferme 4 pour 100; le smegma du prépuce, plus de 5 pour 100; le castoréum du Canada, 5,8 pour 100.

Les *matières grasses* neutres y sont très abondantes. L'enduit caséeux en contient 47,5 pour 100; le smegma du prépuce, 52,8; le castoréum du Canada, 8,2.

On n'y trouve point d'acides gras volatils.

Le smegma du prépuce contient un peu de *cholestérine;* le castoréum renferme la substance désignée sous le nom de *castorine*.

La sécrétion du prépuce contient un *savon ammoniacal*.

Le castoréum renferme principalement des matières résineuses encore peu connues; elles s'élèvent à 67,7 pour 100 dans le castoréum d'Allemagne récent; à 64,3 dans celui de Russie; on en a trouvé 41,34 pour 100 dans une espèce de castoréum du Canada.

Les sécrétions cutanées renferment peu de *principes minéraux* solubles; on y trouve du chlorure de sodium, du sel ammoniac, du phosphate de soude et d'ammoniaque; les phosphates terreux sont plus abondants (l'enduit caséeux en renferme 6,5 pour 100; la sécrétion du prépuce, chez l'homme, 9,7 pour 100).

Il va sans dire que les proportions de l'*eau* y sont très variables.

On a constaté, dans le castoréum, des traces d'*acide phénique*.

La sécrétion du prépuce du cheval et le castoréum contiennent de l'*acide hippurique* et de l'*acide benzoïque*.

Le castoréum renferme beaucoup de *sulfate de chaux*; la sécrétion du prépuce du cheval contient du *carbonate* et de l'*oxalate de chaux*.

Sueur.

84 *bis*. Ce liquide se rassemble pendant la transpiration, en gouttes incolores, d'une saveur salée, d'une odeur variable; il renferme peu de principes solides et à l'état récent il rougit toujours le tournesol.

Pour se procurer la sueur nécessaire aux expériences,

on recueille ce liquide à l'aide d'éponges bien propres, dont on l'extrait ensuite par des lavages à l'eau ; quand on a du linge fortement imprégné de sueur, il suffit de l'exprimer. Pour en avoir des quantités plus considérables, le mieux est d'enfermer le bras dans un appareil de verre ou de gutta-percha fermant hermétiquement.

La sueur normale renferme ordinairement beaucoup de *débris épithéliques;* aussi, vue en grande quantité, elle paraît tout à fait trouble et presque laiteuse.

Suivant les déterminations de divers expérimentateurs, elle contient de 0,5 à 2,2 pour 100 de *principes solides*, c'est-à-dire de substances qui ne se volatilisent point par l'évaporation. Parmi ces principes, il faut citer les *chlorures de sodium* et de *potassium;* ces deux sels prédominent à tel point, qu'ils forment plus de la moitié du résidu de l'évaporation.

La sueur ne renferme point de *phosphates alcalins;* quand elle est fraîche, elle est aussi dépourvue d'*ammoniaque* ou de sels ammoniacaux; ces derniers ne se forment que par la décomposition ultérieure de principes azotés. On ne trouve point d'alcaloïdes ammoniacaux, même dans la sueur douée d'une odeur désagréable.

Les *phosphates terreux* et l'*oxyde de fer* qui existent toujours dans les cendres de la sueur paraissent provenir des débris d'épithélium.

Les *matières grasses* de la sueur proviennent non-seulement des follicules sébacés, mais encore des glandes sudorifères; en effet, la sueur de la paume de la main

renferme toujours des matières grasses, bien qu'il n'y ait point de follicules sébacés.

Les principes essentiels de la sueur sont des *acides gras volatils*, parmi lesquels prédomine l'*acide formique*. L'*acide acétique* est moins abondant ; l'*acide butyrique*, moins encore. On n'est pas encore certain de la présence des acides propionique et caproïque.

L'acide lactique n'y existe pas ; mais il paraît s'y trouver un acide azoté particulier (*acide hydrotique* ou *sudorique*) ayant pour composition $C^{10}H^{8}NO^{13}$.

On a également annoncé, dans la sueur des personnes bien portantes, la présence d'une petite quantité d'*urée ;* il est certain que cette matière y abonde pendant l'urémie, surtout dans la sueur du visage.

La présence, dans la sueur, de l'albumine, de l'acide urique et du sucre, n'a pas encore été positivement démontrée.

Les *matières colorantes* qu'on y a parfois observées sont entièrement inconnues.

Certaines matières, peu nombreuses, passent plus ou moins aisément dans la sueur. L'acide benzoïque et l'acide cinnamique surtout présentent cette propriété ; l'acide tartrique la possède à un degré moindre ; l'iodure de potassium passe avec encore moins de facilité.

On n'a jamais retrouvé dans la sueur la salicine, la quinine, le sucre de lait.

Les glandes sudorifères, outre des produits liquides, sécrètent encore des gaz, savoir de l'*ozote* et de l'*acide carbonique*. Les proportions relatives de ces deux gaz sont variables ; il paraît cependant que d'ordinaire il y a

1 volume d'azote pour 2 volumes d'acide carbonique sécrété.

Les expériences effectuées jusqu'ici dans le but de mesurer la quantité de sueur sécrétée par la peau n'ont encore conduit à aucun résultat exact ; elle paraît cependant être, avec l'exhalation pulmonaire, dans le rapport de 7 à 12.

D'après certains calculs, fondés sur des observations exactes, mais peu nombreuses, il paraît qu'un adulte plongé dans un bain de vapeur sécrète environ 25 grammes de sueur par minute.

Urine.

85. L'urine est le produit de la sécrétion des reins ; elle renferme des substances solubles, azotées ou salines, devenues impropres à la vie pendant les métamorphoses vitales ou venues du dehors et incapables de contribuer à la nutrition. Il en résulte que l'urine présente des propriétés chimiques et physiques différentes, selon les conditions internes ou externes dans lesquelles l'organisme se trouve placé.

A l'état normal, l'urine de l'homme présente ordinairement une couleur jaune d'ambre claire ou foncée ; elle est tout à fait transparente ; sa saveur est saline et un peu amère, son odeur légèrement aromatique ; sa densité, supérieure à celle de l'eau, ne dépasse cependant pas 1,03, à l'état normal ; elle rougit sensiblement le tournesol.

L'urine, conservée dans des vases propres, est long-

temps sans se décomposer; abandonnée au repos, elle se trouble ordinairement par un léger dépôt de mucus. Au bout d'un temps plus long, non-seulement elle ne devient point alcaline, mais sa réaction acide devient plus prononcée (fermentation urinaire acide); il s'en sépare alors des cristaux rouge jaunâtre qui, vus au microscope, affectent la forme de rhombes et paraissent jaunes ou rouges. Plus tard encore, quelquefois même après quelques semaines seulement, l'urine se recouvre d'une pellicule ténue, douée d'un éclat gras ou irisé, dont quelques lambeaux se détachent pour tomber au fond du liquide; des flocons d'un blanc jaunâtre sale se mélangent au sédiment de mucus; la couleur du liquide pâlit et sa réaction devient alcaline (fermentation urinaire alcaline); enfin, une odeur ammoniacale désagréable commence à se développer, et l'on aperçoit, dans le sédiment blanc grisâtre, des granules blancs et des cristaux incolores prismatiques très réfringents.

Parmi les éléments solides on trouve surtout de l'épithélium pavimenteux, provenant principalement de la vessie; l'abondance de ces débris n'augmente que dans les catarrhes de la vessie, par exemple dans ceux qui se manifestent ordinairement dans la fièvre scarlatine.

Des globules de *mucus* sont ordinairement aussi en suspension dans l'urine abandonnée pendant quelque temps. Dans les catarrhes de la vessie, la pyélite, la gonorrhée, les affections de la prostate, la quantité de mucus augmente quelquefois d'une manière si considérable, que l'urine en devient trouble et laiteuse.

Ce n'est que dans l'urine malade qu'on rencontre ces

corps utriculés ou *cylindriques* provenant des canaux urinaires. On en distingue trois espèces. Les uns sont composés de l'enduit épithélique des tubes de Bellini, sur les parois desquels les petites cellules, avec leurs noyaux, apparaissent groupées comme des rayons de miel; on les observe le plus ordinairement à l'origine de la maladie de Bright et dans la période de desquamation des érysipèles et de la scarlatine. Les autres sont formés d'une exsudation d'apparence récente et ordinairement granulée, dans laquelle on peut trouver plus ou moins de sang ou de globules de pus. La troisième espèce se présente sous forme de tubes transparents, souvent difficiles à apercevoir à cause de leur transparence. Ils sont formés de fibrine coagulée pure.

Les *spermatozoïdes* s'observent dans l'urine, le plus souvent après les pollutions ou après le coït.

On y trouve fréquemment des *globules de sang*, dans les inflammations des organes génito-urinaires. Ce n'est que dans de pareilles conditions que l'on y remarque aussi des caillots un peu considérables de *fibrine*.

Dans l'urine abandonnée à elle-même, et quelquefois aussi dans l'urine récente, on observe des filaments cryptogamiques semblables au mycoderme de la bière, mais sensiblement plus petits ($0^{mm},00789$ à $0^{mm},00683$). C'est ce qui arrive lorsque, par suite d'un catarrhe de la vessie, la décomposition de l'urine se produit déjà dans l'intérieur de cet organe. Dans les mêmes circonstances, on aperçoit aussi des vibrions et des monades.

Les *sarcina ventriculi* (Goodsir) ont été aussi observés quelquefois dans l'urine (voy. p. 211).

L'urine refroidie dépose très souvent un sédiment formé de corpuscules plus ou moins ténus et composé d'*urate de soude ;* on le reconnaît aisément en ce qu'il se dissout lorsqu'on chauffe tant soit peu l'urine. Dans l'urine ordinaire, ce sel est si peu abondant qu'il reste en dissolution après le refroidissement; il n'apparaît que lorsque l'urine est très concentrée, ou lorsqu'il est sécrété en grande abondance par les reins. De là vient qu'on en constate la présence dans la plupart des fièvres et dans tous les cas où la respiration ou plutôt l'oxydation des principes du sang se trouve entravée.

Les cristaux d'*acide urique* libre ne sont pas fréquents dans l'urine récente (il est rare que la fermentation acide commence déjà dans la vessie); en général, les cristaux rhomboïdaux de cet acide ne se séparent qu'après que l'urine a été abandonnée à elle-même plus ou moins longtemps; dans l'urine des malades, surtout des fiévreux, ils se déposent souvent deux ou trois heures déjà après l'évacuation.

L'*urate d'ammoniaque* (fig. 4, page 53) ne constitue jamais à lui seul de sédiment urinaire; il est ordinairement mêlé de mucus, de cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, de phosphate et de carbonate de chaux amorphes; il n'apparaît dans l'urine que lorsque celle-ci éprouve la fermentation alcaline, aussi ne se forme-t-il en général qu'en dehors de l'organisme. L'urine fraîche n'en contient que dans les cas de catarrhe chronique et notamment de paralysie de la vessie. On le distingue, à l'œil nu, sous la forme de granules blancs opaques; au microscope, il représente de petites sphères d'un noir

brunâtre, à peine transparentes, sur lesquelles sont implantées çà et là de fines aiguilles. Ce n'est que dans l'urine alcaline ou neutre qu'on trouve des cristaux de *phosphate ammoniaco-magnésien* (fig. 20).

Fig. 20. Phosphate ammoniaco-magnésien.

Les cristaux octaédriques d'*oxalate de chaux* (fig. 1, page 36) sont assez fréquents dans l'urine; probablement l'acide oxalique ne prend naissance aux dépens d'autres principes que pendant la fermentation acide de l'urine; souvent, du moins, l'oxalate de chaux ne devient visible que lorsque des cristaux d'acide urique se sont formés; au reste, on trouve souvent des sédiments urinaires proprement dits composés uniquement d'oxalate de chaux, par exemple chez les rachitiques, après les crampes de l'épilepsie, dans la convalescence du typhus (dans ce dernier cas, surtout lorsqu'il y a un faible catarrhe).

Parmi les substances qui ne se précipitent spontanément de l'urine que dans des cas très rares, il faut nommer la *cystine*, matière sulfurée qui se présente sous forme de tables hexagonales (fig. 21). On ignore absolument les conditions pathologiques qui en déterminent la formation.

L'*urée* est de beaucoup le plus important des prin-

cipes solubles de l'urine. Nous avons fait observer plus haut que la quantité d'urée contenue dans l'urine est sujette à des variations très considérables (page 60). Nous avons fait ressortir particulièrement que le régime, et surtout la quantité d'eau évacuée, ont la plus grande influence sur la quantité d'urée qui est sécrétée. Quant à cette dernière circonstance, des expériences faites sur des hommes et sur des animaux ont appris que lorsque l'évacuation de l'eau devient plus abondante, celle de l'urée augmente également. Par exemple, pour une évacuation de 1000 grammes d'urine dans les vingt-quatre heures, on observe en moyenne 33 grammes d'urée; pour 2000 grammes d'urine, environ 42 grammes d'urée; pour 3000 grammes d'urine, environ 50 grammes d'urée. Il en résulte que le poids spécifique de l'urine est aussi dans un certain rapport avec la quantitée d'urée qui y est renfermée, ou avec la quantité d'urée sécrétée dans un temps donné : par exemple, si le poids spécifique de l'urine humaine est égal à 1,0135 (auquel cas elle renferme 1,5 pour 100 d'urée), on en peut déduire que, dans les vingt-quatre heures, la quantité d'urine sécrétée est de 2730 grammes; si le poids spécifique est égal à

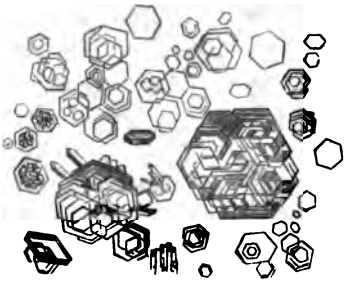


Fig. 21. Cystine.

1,027 (la proportion de l'urée étant de 3,75 pour 100), la quantité d'urine sécrétée n'est que de 1075 grammes.

L'influence du genre d'alimentation sur la quantité d'urée est plus importante; elle a été étudiée avec soin sous plusieurs rapports. Des expériences nombreuses effectuées sur des hommes et sur des animaux ont mis à peu près hors de doute les relations suivantes : Après l'ingestion de viande ou d'autres aliments azotés, tout l'azote de ces matières n'est pas sécrété entièrement sous la forme d'urée. Si les aliments azotés suffisent tout juste à la réparation des parties désorganisées des tissus, il arrive souvent que le tiers de l'azote ingéré se trouve sécrété sous une autre forme que sous celle d'urée; les $\frac{2}{3}$ de cet azote seulement apparaissent dans l'urine à l'état d'urée. Si l'alimentation est plus abondante, on remarque dans l'urine une augmentation notable d'urée; la quantité absolue d'azote non transformé en urée demeure constante, mais l'urée qu'elle représente n'est plus que $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$, ou même $\frac{1}{10}$ de la quantité d'urée sécrétée. Du reste, il arrive souvent alors qu'une portion des principes azotés des aliments reste dans le corps et concourt à la formation de cellules et de tissus; en pareil cas, l'urine renferme encore moins d'urée qu'on n'aurait pu le penser d'après la quantité des aliments azotés.

Il est parfaitement établi que, même pendant l'inanition, l'urine renferme de l'urée; mais il est remarquable que la sécrétion de l'urée, qui se fait alors évidemment au détriment des tissus, devient beaucoup moindre lorsqu'on introduit dans l'économie des aliments non azotés, par exemple des graisses ou des matières amylacées.

La quantité d'urée augmente rapidement après l'ingestion de matières gélatineuses, aussi bien qu'après celle de composés albuminoïdes; l'augmentation est directement proportionnelle à la quantité de gélatine ingérée, c'est-à-dire qu'aucune portion de celle-ci n'est retenue dans le corps; la gélatine ne sert point au renouvellement des organes; elle est intégralement décomposée dans le sang, et l'urée qui passe dans l'urine est un des produits de son dédoublement.

D'après quelques observations, une ingestion abondante de chlorure de sodium déterminerait aussi un accroissement dans la sécrétion de l'urée.

Suivant quelques observateurs, tout ce qui accélère le mouvement du sang, toute excitation fiévreuse produite soit par certains médicaments, soit par l'ablation des nerfs pneumogastriques, entraîne une abondante production d'urée; inversement, tout ce qui ralentit la circulation diminue la sécrétion de cette substance.

L'*acide urique*, généralement uni à la soude, ainsi que nous l'avons dit plus haut, est un principe peu abondant dans l'urine d'homme normale; moyennement il n'y figure que pour 0,1 pour 100. Dans les vingt-quatre heures, un adulte évacue de 0,5 à 0,9 grammes d'acide urique. L'abondance de ce produit dépend bien moins de la nature de l'alimentation que des conditions intérieures de l'organisme. Elle augmente dans tous les cas où la nutrition est entravée, lorsque la digestion est troublée, dans les maladies des organes respiratoires, dans toutes les excitations fiévreuses. L'acide urique est peu abondant dans l'urine des mammifères; celle des

herbivores n'en contient point du tout ; les urines des serpents, des oiseaux et des insectes en renferment de très grandes quantités. L'urine des veaux qui tettent encore contient de l'acide urique et de l'allantoïne à la place de l'acide hippurique.

L'*acide hippurique* (qu'on est parvenu récemment à préparer artificiellement au moyen du chlorure de benzoïle et de la combinaison de l'oxyde de zinc et du sucre de gélatine) existe principalement dans l'urine des mammifères herbivores ; il est constant dans l'urine humaine après une alimentation végétale ou mixte ; toutefois il s'y trouve en quantité à peine supérieure à celle de l'acide urique. On ignore à peu près entièrement la manière dont varient ses proportions dans les affections pathologiques ; il est aussi constant dans l'urine des diabétiques que dans l'urine normale. L'ingestion de l'acide benzoïque augmente beaucoup la sécrétion de l'acide hippurique.

L'*acide cynurénique*, dont on ne connaît pas encore la composition chimique, n'a été trouvé jusqu'ici en très faibles proportions que dans l'urine du chien.

La *créatine* et la *créatinine* sont des principes essentiels de l'urine ; on n'a pas encore exactement déterminé leurs proportions.

L'*acide formique* s'observe quelquefois dans l'urine de personnes bien portantes, cependant toujours en quantités très faibles.

Il n'existe pas d'*acide lactique* dans l'urine humaine à l'état normal ; cependant cet acide apparaît dès que l'oxydation du sang se trouve entravée ; ainsi on l'ob-

serve quand il survient un trouble dans la digestion, la respiration, la nutrition, et pendant la fièvre. Il ne faut d'ailleurs pas oublier qu'il se produit de l'acide lactique pendant la fermentation acide de l'urine. On le trouve surtout dans l'urine des herbivores, qui sont nourris à l'étable.

L'urine contient des proportions très variables de *matières extractives*, c'est-à-dire de substances dont la composition chimique est encore inconnue; elles augmentent surtout pendant les maladies. Il est à remarquer que les enfants, eu égard au poids de leur corps, rendent dans les vingt-quatre heures bien plus de matières extractives que les adultes; un enfant en rend environ 0gr,35 pour chaque kilogramme qu'il pèse, tandis qu'un adulte n'en produit que 0gr,15. Pendant l'inanition, ces matières sont si abondantes, que leur proportion surpasse celle de l'urée.

Les *matières colorantes* de l'urine normale ou malade ne sont pas mieux connues; bien qu'on s'en soit beaucoup occupé, elles ne présentent encore aucun intérêt particulier, sous le rapport des réactions chimiques ou du diagnostic. L'urine normale renferme au moins deux matières colorantes particulières.

Le *chlorure de sodium* et le *chlorure de potassium* sont très abondants; un adulte évacue par les urines environ 10gr,5 de chlore dans les vingt-quatre heures. C'est principalement après dîner (non pas immédiatement après le repas) qu'on trouve dans l'urine la plus grande quantité de chlorure; cette quantité diminue considérablement pendant la nuit, et s'accroît un peu vers le matin.

L'exercice augmente la sécrétion des chlorures; la plupart des maladies, même les plus légères indispositions, la diminuent. Lors même qu'il n'y a pas eu de chlorure ingéré, la sécrétion urinaire renferme toujours de petites quantités de chlorures alcalins. D'autre part, si l'on ingère beaucoup de chlorure, celui-ci apparaît bientôt en plus grande abondance dans les urines; il ne s'y retrouve cependant pas en totalité; une partie en est rejetée de l'organisme par d'autres voies.

La diminution ou la disparition totale des chlorures dans l'urine s'observe principalement dans les maladies accompagnées d'abondantes exsudations, par exemple dans l'hydropisie aiguë, la maladie de Bright aiguë, la tuberculisation aiguë, les diarrhées violentes, le choléra, le typhus, et particulièrement la pneumonie.

Il existe toujours dans l'urine des *sulfates*, bien qu'en proportions très variables. Un adulte rend en moyenne, dans les vingt-quatre heures, 2,1 grammes d'acide sulfurique, c'est-à-dire 0,032 grammes de cet acide pour chaque kilogramme du poids de son corps. La proportion de l'acide sulfurique sécrété va en croissant pendant la digestion; elle diminue pendant la nuit, et atteint son minimum le lendemain matin. La sécrétion des sulfates n'augmente que par suite de l'exercice corporel ou d'une excitation physique. La diète ne la diminue pas pendant les premières vingt-quatre heures. Les sulfates alcalins ingérés sont rendus intégralement dans l'espace de dix-huit à vingt-quatre heures. On manque encore de données certaines sur les variations qu'éprouve la sécrétion de l'acide sulfurique pendant les maladies.

L'urine normale contient également du *biphosphate de soude;* elle lui doit sa réaction acide. Ce sel est d'ailleurs toujours accompagné de petites quantités de *phosphate de chaux* et de *phosphate de magnésie.*

Dans les vingt-quatre heures, un adulte évacue par les urines, en moyenne, de 3gr,2 à 5gr,2 d'acide phosphorique (0gr,64 par chaque kilogramme du poids du corps) Après le repas, la quantité des phosphates rejetés augmente considérablement; pendant la nuit, elle est bien plus grande que le matin, mais elle augmente surtout après l'ingestion de phosphates, et diminue pendant la diète. Les résultats relatifs aux variations de l'acide phosphorique dans l'urine pendant les maladies ne sont point concordants; seulement il paraît certain que, dans les affections aiguës de la matière nerveuse, les phosphates apparaissent en proportions plus considérables. Quant aux phosphates terreux, l'urine évacuée par un adulte, dans les vingt-quatre heures, en renferme environ 1gr,0; ce nombre, toutefois, varie beaucoup, notamment avec la nature de l'alimentation. L'urine des enfants très jeunes et des femmes enceintes contient souvent fort peu de phosphate de chaux; chez ces dernières (notamment du sixième au huitième mois), elle en renferme parfois si peu, qu'il devient impossible d'y constater la présence de la chaux. Dans l'urine d'homme normale, le rapport entre les quantités de phosphate de chaux et de phosphate de magnésie est également assez variable; il est en moyenne comme 15 à 17.

D'ordinaire l'urine ne renferme que des traces de *fer* et de *silice.*

Elle tient aussi des *gaz* en dissolution, notamment de l'*acide carbonique* et un peu d'*azote*.

La quantité d'*acide libre* renfermée dans l'urine doit évidemment subir aussi de nombreuses variations. Celle que rejette un adulte, dans les vingt-quatre heures, correspond à environ 2gr,3 d'acide oxalique. Elle a son maximum pendant la nuit, son minimum le matin, et prend une valeur moyenne pendant que la digestion s'opère.

Les proportions de l'*eau*, même dans l'état de santé, sont extrêmement variables. Nous manquons malheureusement d'expériences exactes qui permettent d'apprécier l'influence de chaque condition physiologique sur la quantité d'eau sécrétée par les reins. Il paraît résulter de la plupart des observations qu'après une abondante ingestion d'eau, on rend aussi une plus grande quantité de matières solides par les urines. Après six heures environ, l'excès d'eau introduit dans l'économie se trouve évacué.

Lorsqu'on introduit dans le sang une notable quantité d'eau, par exemple en l'injectant dans une veine, la sécrétion urinaire n'augmente pas en proportion de l'eau injectée. C'est après un bain froid que les reins sécrètent le plus d'eau. Peu après un repas, il y a absolument et relativement moins d'eau et plus de principes solides rejetés par les urines.

La nature des selles, la transpiration plus ou moins abondante (cette dernière dépendant à son tour de la température, de l'état hygrométrique de l'atmosphère, du plus ou moins d'exercice, etc.), influent puissam-

ment sur l'abondance de l'eau évacuée, cela va sans dire. Toutefois l'influence individuelle de chacune de ces conditions n'a pas encore été exactement déterminée.

86. Un grand nombre de substances introduites accidentellement ou volontairement dans l'économie passent sans altération dans les urines; d'autres éprouvent des transformations; d'autres enfin n'y arrivent jamais. En général on peut admettre que les seules substances (non alimentaires) qui passent dans les urines sont celles qui se dissolvent aisément dans l'eau, ne forment avec aucun des principes immédiats du corps des composés insolubles, et ne sont ni facilement oxydables, ni aisément décomposables. De là résulte que les nitrates, chlorates, carbonates et silicates alcalins, les chlorures, bromures et iodures de potassium et de sodium passent sans altération dans les urines, tandis que le sulfure de potassium, par exemple, éprouve une oxydation et reparaît alors dans l'urine sous la forme de sulfate de potasse. Beaucoup de matières, susceptibles de former des composés insolubles avec certaines substances animales, notamment avec les albuminates, ne se retrouvent dans l'urine qu'après avoir été ingérées en très grande abondance; à cette catégorie appartiennent, par exemple, tous les sels métalliques.

Bien des composés organiques éprouvent dans l'organisme la même oxydation qu'ils subissent quand on les soumet à certains agents chimiques : telle est, par exemple, la salicine. Plusieurs d'entre ces composés sont entièrement transformés en eau et en acide carbonique, en sorte que leur présence dans les excrétions ne

peut plus même être constatée à l'aide des produits de leur décomposition : tel est le cas de la mannite, de la quinone, etc. Quoique l'oxydation soit le phénomène général, on trouve aussi des exemples de désoxydation lorsqu'il s'agit de composés fort oxygénés; le ferricyanure de potassium rouge, par exemple, se retrouve dans l'urine sous la forme de ferrocyanure jaune.

Le sulfocyanure et le ferrocyanure de potassium jaune, les sels de baryte et d'ammoniaque, passent dans les urines sans éprouver d'altération; il en est de même de la plupart des acides organiques. Toutefois l'acide tannique se transforme en acide gallique; les acides benzoïque et cinnamique, en acide hippurique; l'acide urique, en urée, acide oxalique, acide carbonique et eau. Les sels alcalins végétaux neutres se retrouvent à l'état de carbonates, en sorte que, presque aussitôt après leur ingestion, l'urine présente une réaction alcaline.

La quinine et l'urée passent sans altération dans l'urine; au contraire, l'aniline, la théine, la théobromine, l'allantoïne, l'alloxantine, l'amygdaline, l'asparagine, la phlorhizine, ne s'y retrouvent plus. La salicine se transforme dans l'organisme en saligénine, hydrure de salicyle et acide salicylique, qui apparaissent dans l'urine. La plupart des matières colorantes et odorantes passent inaltérées ou peu modifiées. On ne retrouve jamais dans l'urine le camphre, les résines, les huiles empyreumatiques, le musc, l'alcool, l'éther, la cochenille, le tournesol, la chlorophylle, la matière colorante de l'orcanette.

La rapidité avec laquelle les diverses substances tra-

versent l'organisme et se mêlent aux urines est très variable; cependant elle est en général d'autant plus grande que ces substances sont plus solubles et plus indifférentes vis-à-vis des principes de nature animale. L'iodure de potassium apparaît quelquefois quatre à six minutes après l'ingestion. Le temps pendant lequel les substances séjournent dans l'organisme varie aussi beaucoup ; il est en moyenne d'autant moindre que la substance est plus soluble et plus indifférente; par conséquent, il est à peu près en raison directe du temps qui s'écoule avant le passage de la substance dans les urines.

87. Pendant les maladies, on trouve parfois dans l'urine plusieurs principes anormaux.

L'*albumine* passe dans l'urine lorsque la circulation du sang se trouve entravée dans les capillaires des reins, par exemple durant les affections du cœur, des poumons, ou à la suite de tumeurs dans le bas-ventre; l'albumine arrive aussi dans l'urine lorsque le sang est très aqueux, comme dans l'hydropisie; enfin elle s'observe dans le catarrhe des reins et dans la dégénérescence de Bright, accompagnée ou non d'urémie.

La *caséine* qu'on a signalée dans l'urine chyleuse n'a pas encore été constatée d'une manière bien certaine.

Les *matières grasses* ne se trouvent dans l'urine qu'en fort petites quantités; souvent elles y manquent entièrement; ordinairement on les observe après l'ingestion d'aliments très gras. Il n'est pas rare d'apercevoir des gouttelettes de graisse isolées dans l'urine des maladies accompagnées d'un amaigrissement rapide, notamment dans l'urine chyleuse. Pendant la maladie de Bright, et

principalement dans la période où la transformation de la matière grasse des reins commence à s'opérer, on trouve fréquemment beaucoup de gouttelettes de graisse; on en voit aussi qui sont librement suspendues dans l'urine.

Dans l'état de santé, il est très rare qu'il passe dans les urines des quantités de *glucose* assez notables pour pouvoir être mises en évidence; on n'a observé la présence de ce corps qu'après l'ingestion d'aliments très sucrés; toutefois, comme le sucre se décompose très promptement dans l'urine, il se détruit probablement dans la vessie, ou pendant les opérations qui ont pour but de l'isoler.

Il est donc fort possible que les reins sécrètent fréquemment du sucre sans qu'on le puisse constater chimiquement dans l'urine. D'après des expériences faites sur des animaux, les conditions étant normales, le sucre ne paraît passer dans l'urine que dans les cas où le sang en contient déjà de 0,4 à 0,5 pour 100. Dans le diabète sucré, les urines renferment du sucre, bien que cette matière soit bien moins abondante dans le sang que dans les conditions normales. On la retrouve encore dans d'autres maladies, par exemple, lorsque la sécrétion du lait est entravée ou brusquement interrompue, qu'il y a dégénérescence des reins (maladie de Bright), ou que le cours du sang dans les capillaires rénaux se trouve ralenti.

La *matière colorante* et les *acides de la bile* apparaissent dans l'urine dans presque tous les genres d'ictères; dans les pneumonies, les acides de la bile s'observent

quelquefois sans être accompagnés de matière colorante.

Ce n'est que rarement, et en petites quantités, qu'on trouve l'*acide butyrique* dans l'urine.

Jamais l'urine normale récente ne renferme des *sels ammoniacaux;* en général, ceux-ci ne prennent naissance que par suite de la fermentation acide ou alcaline de l'urine; il n'est pas rare de trouver de l'ammoniaque dans l'urine acide de quelques maladies, par exemple du typhus, de la petite vérole, de la scarlatine. Les urines alcalines en renferment presque constamment : tantôt, comme dans le catarrhe de la vessie, elles doivent leur réaction alcaline à l'ammoniaque qui s'est formée par la décomposition de l'urée; tantôt cette réaction provient des carbonates alcalins passés dans l'urine, où ils ne tardent pas à opérer la même décomposition de l'urée. Aussi on trouve toujours un peu d'ammoniaque dans l'urine des herbivores, naturellement alcaline, et dans l'urine de l'homme devenue alcaline après l'ingestion de carbonates ou de sels organiques à base d'alcali. (Voy. page 224, *Urate d'ammoniaque* et *Phosphate ammoniaco-magnésien.*)

On ne sait pas d'une manière certaine si l'*acide nitrique* peut se présenter dans l'urine sans avoir été préalablement ingéré; on a prétendu, mais à tort, qu'il s'y trouve après l'ingestion de sels ammoniacaux.

88. L'abondance de la sécrétion urinaire dépend d'un si grand nombre de circonstances internes et externes, qu'il est impossible de les préciser toutes. On peut, jusqu'à un certain point, se rendre compte des influences

les plus éloignées; mais on manque des données nécessaires pour apprécier les causes les plus prochaines qui agissent sur cette sécrétion.

Parmi ces dernières, il en est principalement deux à considérer : les conditions mécaniques du passage de l'urine par les reins, et la constitution du sang. Comme nous l'avons déjà dit, lorsque la circulation du sang se trouve ralentie dans les capillaires, on voit apparaître de l'albumine dans l'urine; c'est donc de la vitesse de cette circulation que dépend évidemment la quantité plus ou moins grande de principes solides qui passent des corpuscules de Malpighi dans les canalicules contournés. Comme les canaux excréteurs partant des corpuscules de Malpighi ont un diamètre moindre que ceux qui constituent ces corpuscules, il faut bien qu'il en résulte une pression sur les parois des premiers, pression d'où dépendra tout d'abord la sécrétion urinaire; les vaisseaux enroulés autour des canaux contournés enlèveront de l'eau à l'urine renfermée dans ces canaux; cette urine en deviendra plus concentrée. Or, l'expérience a démontré que la pression latérale dans le système artériel des reins exerce une grande influence sur la sécrétion urinaire; si la pression du sang dans ces vaisseaux vient à augmenter, la sécrétion augmentera aussi; elle diminuera dans le cas contraire.

Comme le liquide sécrété dans les canaux contournés abandonne de nouveau au sang une certaine quantité d'eau, on peut s'expliquer pourquoi l'urine rapidement sécrétée est aqueuse, tandis que l'urine sécrétée lentement est concentrée; pourquoi enfin le degré de concen-

nique s'effectue avec le plus d'activité, la sécrétion des principes de l'urine se fait le plus abondamment. Cependant si l'on compare les quantités d'urine sécrétées avec le poids du corps, on trouve chez les enfants un rapport presque double de celui qu'on observe chez les adultes. Quant à la nature chimique des principes de l'urine, l'âge des individus n'y paraît avoir aucune influence particulière.

Nous avons déjà indiqué suffisamment l'influence de la *digestion* et de la *nature des aliments*.

90. Quant à la constitution de l'urine pendant les *maladies*, il faut, vu l'état imparfait de nos connaissances, nous borner à ce que nous avons dit à propos des principes anormaux de cette sécrétion. Comme les conditions où s'opère la nutrition se reflètent en général dans l'urine, il est à prévoir qu'à tout état maladif correspondent des changements déterminés dans la constitution de l'urine. Nous ne parlerons ici que de l'influence des fièvres et de ces états d'extrême faiblesse qui accompagnent certaines maladies, telles que l'anémie, par exemple.

Pendant la fièvre, l'urine est en général plus colorée; elle est jaune foncé, rougeâtre ou rouge brun; sa densité augmente un peu, son odeur est plus forte, sa réaction est très acide. A temps égaux, la sécrétion est bien moins abondante dans la fièvre que dans l'état de santé; seulement l'urine paraît plus concentrée, parce que la sécrétion de l'eau par les reins est, en proportion, bien plus diminuée que la sécrétion des principes solides. La modification la plus constante que présente l'urine des

fiévreux consiste dans la diminution relative et absolue des sels minéraux et dans l'accroissement de l'acide urique. La diminution des matières salines porte principalement sur le chlorure de sodium, qui disparaît souvent entièrement dans les inflammations avec exsudation. La proportion relative de l'urée diminue, tandis que celle des matières extractives augmente un peu ; souvent on constate la présence de l'acide lactique.

Dans l'anémie, l'urine est pâle, d'une réaction légèrement acide, mais qui se change aisément en une réaction alcaline ; les principes organiques diminuent beaucoup ; les sels deviennent plus abondants, du moins d'une manière relative.

Nous avons déjà parlé de la constitution de l'urine dans le diabète, la maladie de Bright, etc.

91. Quant à l'urine des différents animaux, voici ce qu'on peut dire :

L'urine du porc, le seul des omnivores sur lequel des observations aient pu être faites (l'animal étant à l'engrais et soumis à un régime végétal), est ordinairement transparente, presque sans odeur, d'une réaction franchement alcaline ; elle fait effervescence avec les acides, se trouble par l'ébullition, par suite de la transformation des bicarbonates alcalins en carbonates neutres ; elle ne renferme ni acide hippurique, ni acide urique, ni sels ammoniacaux ; on n'y trouve que des traces de phosphates. Outre de l'urée (environ 0,4 pour 100), des sulfates et des chlorures alcalins, elle contient encore des lactates à base d'alcali.

L'urine des carnivores est transparente, d'une couleur

jaune clair, d'une odeur désagréable, d'une saveur repoussante et amère; sa réaction est acide et devient aisément alcaline. Fréquemment l'acide urique manque, ou du moins on n'en peut constater que des traces. Si l'on nourrit les carnivores d'aliments végétaux, leur urine se trouble, devient alcaline et en général semblable à celle des herbivores.

L'*urine des herbivores* est jaunâtre, trouble, d'une odeur désagréable, d'une réaction alcaline; elle contient de l'urée, de l'acide hippurique, des lactates et des carbonates alcalins et terreux, de l'oxalate de chaux, fort peu de phosphates, mais point d'acide urique. Si l'on soumet un herbivore à une alimentation purement animale, son urine acquiert toutes les propriétés de celle des carnivores. De là vient que l'urine des veaux qui tettent encore présente une constitution tout à fait différente de celle des veaux sevrés; elle ressemble à la liqueur allantoïque du fœtus; elle est transparente, presque incolore, sans odeur, d'une réaction fortement acide, et renferme de l'urée, de l'acide urique et principalement de l'allantoïne; il n'y a pas d'acide hippurique; elle contient beaucoup de phosphate de magnésie et de sels de potasse, mais très peu d'autres phosphates, de sulfates et de sels de soude.

L'*urine des oiseaux*, de même que celle des *serpents*, se compose presque exclusivement d'urates acides, d'un peu d'urée et de phosphates terreux.

L'*urine des grenouilles* est limpide, contient de l'urée, du chlorure de sodium et un peu de phosphate de chaux.

Les *tortues* évacuent une urine transparente, tantôt

légèrement acide, tantôt un peu alcaline ; elle contient de l'urée, des urates acides, de l'acide hippurique, constamment un peu de graisse, des phosphates, des sulfates, des chlorures de potassium et de sodium.

Les excréments rouges des *papillons* se composent presque uniquement d'urates acides; ceux de la plupart des coléoptères et des chenilles contiennent aussi de l'acide urique.

On rencontre la guanine dans les excréments d'un certain nombre d'animaux inférieurs.

92. La constitution des *calculs urinaires* est assez variable ; toutefois ils renferment en général les mêmes principes que les sédiments de l'urine, et leur origine est probablement la même. La plupart des calculs urinaires prennent naissance quand les fermentations dont nous avons parlé ont déjà lieu dans la vessie ; les premiers éléments ou noyaux en sont fournis par une espèce de conglomérat de mucus, à la suite du catarrhe de la vessie, qui détermine ou accompagne si souvent ces phénomènes. C'est à la propriété que possède l'acide urique libre de cristalliser facilement, qu'il faut attribuer la fréquence des calculs, produits par la fermentation acide de l'urine ; aussi on observe plus fréquemment des calculs dont le noyau seulement est formé d'acide urique, que des calculs entièrement constitués par cet acide. Les premiers dépôts solides, les graviers, produisent une irritation de la muqueuse qui tapisse la vessie, et déterminent un catarrhe plus aigu ; peu à peu une production anormale de mucus provoque dans la vessie une fermentation alcaline ; de là un dépôt cristallin de phos-

phate ammoniaco-magnésien et d'urate d'ammoniaque qui vient se former sur les graviers ou sur les flocons de mucus; à ce dépôt viennent se mêler des quantités plus ou moins grandes de phosphate de chaux. Le mélange de ces divers sels peut évidemment s'effectuer en proportions très diverses; en effet, dans le cas, par exemple, où l'urine devient neutre, il ne se dépose que du phosphate ammoniaco-magnésien sans urate d'ammoniaque. Les calculs urinaires fusibles sont formés de mélanges de phosphate de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien.

On rencontre ordinairement de l'oxalate de chaux dans les calculs composés d'ailleurs principalement d'acide urique libre. Il existe aussi des calculs, notamment les calculs mûraux, dans lesquels l'oxalate de chaux est l'élément essentiel.

Les calculs formés de cystine ou de xanthine sont très rares ; on ne saurait en aucune façon se rendre compte de leur origine.

II. — Tissus.

93. Au point de vue chimique, l'étude des tissus présente, sous plus d'un rapport, des difficultés plus nombreuses encore que l'étude des liquides. Elles résultent de ce que les tissus sont des mélanges très intimes de substances différentes, non séparables par les procédés mécaniques, et de ce que tous ces tissus, également insolubles dans les menstrues neutres ordinaires, éprou-

vent de la part des dissolvants plus énergiques des modifications si profondes que l'on a beaucoup de peine à deviner seulement leur constitution. Aussi les connaissances que nous possédons sur les tissus même les plus simples, sont encore extrêmement incomplètes.

La seule voie à suivre pour arriver à des notions précises sur la constitution des tissus, la seule d'ailleurs qui ait conduit à quelques résultats, consiste à soumettre les tissus à divers réactifs dans le champ du microscope, afin d'en distinguer au moins les éléments homogènes. Ce procédé a déjà rendu des services importants même à l'anatomie, car il a souvent permis de reconnaître la véritable organisation des tissus (par exemple, celle de la corne) ; il offre à la chimie physiologique la clef de la méthode rationnelle qu'il convient d'appliquer pour les étudier, car non-seulement elle permet d'y distinguer les parties homogènes des parties mélangées, mais souvent elle indique aussi la manière de séparer celles-ci, pour qu'elles puissent ensuite être soumises à l'analyse chimique proprement dite ; cette analyse doit toujours être précédée de l'emploi de réactifs sous le microscope.

Bien que les observations faites jusqu'à ce jour ne permettent encore de poser qu'un petit nombre de principes généraux, elles autorisent cependant à étendre aux tissus la proposition vérifiée pour les liquides, à savoir, que la constitution chimique des tissus, ou du moins celle de leurs éléments essentiels, est toujours en harmonie avec la nature de leurs fonctions. Sans doute on ignore les raisons pour lesquelles telle partie d'un tissu est

propre à tel usage plutôt qu'à tel autre, mais on peut cependant affirmer que des corps d'une constitution chimique analogue ne sont déposés que dans des tissus semblablement constitués.

Dans l'étude chimique des tissus, il faut tenir compte d'une circonstance ordinairement négligée par les anatomistes : c'est que les tissus sont imprégnés de liquides dont il importe de connaître la composition. Il est assez probable, sinon certain, que ces liquides exercent une influence directe sur le rôle physiologique des différentes parties du tissu avec lesquelles ils sont en contact. L'examen attentif de quelques-uns de ces liquides a démontré qu'ils diffèrent essentiellement du sang et des transsudations simples ; il a, de plus, conduit à bien des points de vue intéressants pour la physiologie.

Tissu osseux.

94. La substance osseuse des vertébrés est creusée de cavités ou de canaux divers contenant, à l'état récent, des liquides nourriciers, et, après dessiccation, les principes non volatils de ces liquides. Les cavités les plus grandes, visibles à l'œil nu, sont : la *grande cavité médullaire des os longs*, et les *cellules des os plats*, ainsi que les trous nourriciers par lesquels des vaisseaux et des nerfs pénètrent dans les os. Un second système de canaux, dans la substance osseuse proprement dite, c'est celui des *canalicules osseux* ou *canaux de Haver;* leur diamètre varie de $0^{mm},02256$ à $0^{mm},11279$; ils constituent une sorte de réseau que l'on observe principalement dans

les parties les plus compactes des os; ils s'anastomosent fréquemment entre eux, et vont s'ouvrir, soit dans la grande cavité médullaire des os longs, soit dans les espaces cellulaires des os spongieux, soit à la surface même des os, vers le périoste. La substance osseuse qui environne tous ces canaux est traversée par un troisième système de canaux bien plus déliés encore, les *corpuscules osseux* et les *ductuli chalikophori*. Ceux-ci, dans les os desséchés, sont remplis d'air et se dessinent en noir dans le champ du microscope. La substance des os devient éminemment poreuse, par suite de l'existence de ces petites cavités de forme lenticulaire allongée ($0^{mm},02256$ de longueur, $0^{mm},00902$ de largeur et $0^{mm},00677$ de hauteur) et de l'innombrable quantité de petits canaux (*ductuli*) qui en partent et communiquent entre eux de mille manières.

La *moelle des os* s'étend non-seulement dans la grande cavité médullaire, elle pénètre jusque dans les espaces cellulaires des articles et des os spongieux, mais elle ne s'introduit pas dans les canaux de Haver. Tandis que l'on trouve dans la moelle, outre la substance médullaire proprement dite, un peu de tissu cellulaire et quelques vaisseaux, on ne rencontre dans ces canaux que des vaisseaux sanguins et les nerfs qui les accompagnent.

Les corpuscules osseux et les canaux qui en partent ne sont pas remplis de sels calcaires, ainsi qu'on le croyait précédemment; ils contiennent un liquide dont on ne connaît pas encore la nature; toutefois ce ne sont pas de simples cavités creusées dans la substance des

os; ils sont tapissés intérieurement d'une membrane propre.

La substance osseuse n'est point homogène : autour de l'ouverture de chaque canal de Haver, on distingue, dans une section transversale faite avec soin, une multitude de cercles concentriques, formés de véritables lamelles ayant de $0^{mm},00451$ à $0^{mm},01128$ d'épaisseur. Un autre système de semblables lamelles se dirige parallèlement aux surfaces interne et externe de l'os; enfin on en trouve encore çà et là des groupes isolés qui s'intercalent entre les lamelles des canaux de Haver. Enfin les lamelles ne sont elles-mêmes pas homogènes; on y découvre une infinité de granules blanchâtres qui peuvent avoir environ $0^{mm},00045$ de diamètre.

95. Dans l'état actuel de la science, l'étude chimique des divers éléments solides du tissu osseux est encore fort incomplète; on sait seulement que la substance essentielle des os est formée d'un mélange intime d'une substance cartilagineuse, dite *osséine* (susceptible de se transformer en gélatine), et de sels calcaires, tandis que la membrane qui tapisse les corpuscules osseux et les canaux qui s'y rendent est formée d'une substance albuminoïde insoluble dans l'eau bouillante.

Il est fort douteux que les granules qu'on aperçoit dans les lamelles osseuses libres consistent, ainsi qu'on l'a prétendu, en phosphate de chaux.

Les recherches chimiques qu'on a faites sur la substance des os ont eu presque toujours pour objet de déterminer les rapports entre les quantités des principes essentiels pour les diverses parties du squelette, dans

des conditions physiologiques et pathologiques différentes.

Tous les os des vertébrés, outre l'osséine, formant la partie organique la plus abondante, renferment des quantités plus ou moins grandes de *matières grasses* et de *substances albuminoïdes* non susceptibles de se transformer en gélatine, et provenant soit des vaisseaux sanguins, soit de la membrane qui tapisse intérieurement les plus fines cavités des os. Les *principes minéraux*, qui forment ordinairement plus de la moitié de la masse totale des os, sont des mélanges, en proportions variables, de phosphate de chaux ($3CaO,PO^5$) qui prédomine constamment, de carbonate de chaux, d'un peu de fluorure de calcium et de phosphate de magnésie. Il est digne de remarque que les cendres des os des reptiles et des poissons paraissent toujours renfermer une certaine quantité de sulfates alcalins. D'ordinaire les cendres des os des animaux ne renferment que fort peu de sels solubles, tels que le chlorure de sodium, le carbonate de soude, qui d'ailleurs ne proviennent que des liquides qui pénètrent dans les os.

L'*osséine*, qu'on obtient par une digestion prolongée des os dans l'acide chlorhydrique ou l'acide nitrique étendu, constitue à l'état humide une substance assez élastique, jaunâtre et translucide, qui conserve la forme primitive de l'os dont elle provient. Elle se durcit et devient cassante en se desséchant. Si elle a été assez longtemps en contact avec les acides, elle ne donne à l'incinération que des traces de cendres. On lui a trouvé exactement la même composition qu'à la gélatine qui en

résulte par le traitement des os à l'eau bouillante; elle présente d'ailleurs toujours la même composition dans les os malades que dans les os sains. Dans quelques ossements fossiles seulement, elle a paru se comporter comme la gélatine produite par l'eau bouillante.

Une proportion minime des *matières grasses* qu'on rencontre dans les os fait partie de la constitution du tissu osseux, car la moelle, si riche en matières grasses, ne pénètre même pas dans les canaux de Haver; ce n'est qu'après avoir été raréfié par la maladie, que le tissu osseux contient de plus grandes quantités de graisse, déposées dans les cavités qui se sont formées. Généralement les matières grasses des os renferment plus d'oléine que celles des autres organes, et sont par conséquent aussi plus fluides.

Les proportions des *matières minérales* sont à peu près les suivantes : phosphate de chaux, 57 pour 100; carbonate de chaux, 8; fluorure de calcium, 1; phosphate de magnésie, 1. Les variations qu'elles éprouvent, notamment dans les os du même individu, sont rarement considérables.

96. Quant à la constitution des divers *os d'un même individu*, on peut établir ce qui suit : Les os des membres sont plus riches en matières terreuses que ceux du tronc; le fémur et l'humérus en renferment plus que les autres os longs; les os du crâne ressemblent, sous ce rapport, à ces derniers; ceux du métatarse, du métacarpe et du bassin ressemblent à ceux du tronc; les côtes et les clavicules renferment un peu plus de matières minérales que les vertèbres. Les os courts, même

lorsqu'on en a séparé autant que possible la substance spongieuse, contiennent toujours plus de matières grasses que les os cylindriques; les os plats renferment un peu plus d'eau que ces derniers.

On n'a trouvé aucune différence essentielle dans la constitution des *os des deux sexes*.

Les *os des enfants* renferment moins, ceux des vieillards plus de principes minéraux que ceux des adultes. L'âge n'a aucune influence sur leur richesse en matières grasses.

Chez les *mammifères*, on observe un peu plus de carbonate de chaux dans les os des herbivores que dans ceux des carnivores; ceux des pachydermes et des cétacés en sont surtout abondamment pourvus. En général, les os des animaux qui ont de l'embonpoint sont les plus riches en matières grasses. D'après quelques expériences, il paraît que les os humains contiennent un peu plus d'eau que les os des autres mammifères.

Les *os des oiseaux*, surtout ceux des oiseaux de passage, sont plus riches en terres (76 et même 84 pour 100) que ceux des mammifères; la proportion de carbonate de chaux, relativement à celle du phosphate, y est un peu plus considérable que chez les mammifères. Les os des oiseaux granivores renferment toujours un peu de silice. On trouve plus de matières grasses dans les os des oiseaux que dans ceux des mammifères; ils paraissent aussi contenir en moyenne plus d'eau que ces derniers.

Les *os des amphibies* renferment moins de terres que ceux des mammifères (de 55 à 63 pour 100); leur cendre contient toujours du sulfate de soude.

Les *os des poissons* sont encore moins riches en principes minéraux (21 à 57 pour 100); ils contiennent aussi du sulfate de soude et renferment plus de matières grasses et d'eau que les os de tous les autres animaux.

97. Dans les *maladies des os*, les principes minéraux disparaissent généralement avant la matière organique et en plus grande proportion qu'elle; s'il survient dans les os quelque vide, quelque raréfaction partielle du tissu, les nouvelles cavités se remplissent ordinairement de graisses liquides. Si, plus tard, il se dépose de nouveau de la matière osseuse, les substances organiques restent toujours prédominantes; de là vient que, même dans les os affectés de sclérose, il y a plus de matière organique que dans les os à l'état normal.

Quant aux *os fossiles*, il faut tenir compte de leur gisement, car le milieu où ils sont déposés agit sur eux non-seulement en s'infiltrant dans leur tissu (tel est le cas du carbonate et du sulfate de chaux), mais il agit encore chimiquement en décomposant ou en transformant soit la matière organique, soit le phosphate de chaux. On comprend, d'après cela, pourquoi la quantité de matière organique contenue dans les ossements fossiles est si variable. On trouve des os qui en renferment à peine des traces; d'autres, au contraire, qui en contiennent presque autant que les os récents.

Le *phosphate de chaux* s'y observe parfois sous la forme de petits cristaux d'apatite.

Le *carbonate de chaux* est d'ordinaire plus abondant dans les ossements fossiles, d'abord parce qu'il s'y in-

filtre de l'extérieur, ensuite parce qu'une portion du phosphate est décomposée par les carbonates du terrain fossilifère. Terme moyen, la magnésie est plus abondante dans les ossements des vertébrés fossiles que dans les os récents.

Il est à remarquer que la plupart des ossements fossiles contiennent plus de *fluorure de calcium* que les ossements modernes.

L'*alumine*, l'*oxyde de fer*, la *silice*, qu'on observe souvent dans les ossements fossiles, s'y sont toujours introduits par infiltration.

Tissu dentaire.

98. Toute dent contient trois parties distinctes : l'ivoire, l'émail et le cément.

L'*ivoire* constitue une masse fusiforme ou cunéiforme, pourvue d'une cavité allongée, destinée à recevoir les nerfs et les vaisseaux nourriciers. Des canaux étroits partant de cette cavité la traversent en divergeant vers la surface, près de laquelle ils se subdivisent en rameaux encore plus ténus ; çà et là on trouve dans cette substance, à la place des corpuscules osseux, des lacunes sphériques, dites *espaces interglobulaires*. Leurs parois sont recouvertes d'une membrane particulière insoluble dans l'eau bouillante et dans l'acide acétique ; on y distingue un noyau. Ces lacunes deviennent parfaitement apparentes quand on débarrasse l'ivoire des sels étrangers au moyen des acides étendus et de la matière cartilagineuse par l'eau bouillante. Cette matière cartilagi-

neuse peut se transformer en gélatine comme celle des os.

Les principes minéraux de l'ivoire sont aussi les mêmes que ceux des os; toutefois ils atteignent en moyenne la proportion de 72 pour 100.

L'*émail* est une masse compacte, très dure et assez cassante; elle ne présente ni canaux, ni lacunes, et se compose de fibres prismatiques à quatre ou six pans, qui vont en divergeant à partir de la couronne. Si l'on en retire les sels au moyen de l'acide chlorhydrique, il reste une sorte de squelette de ces prismes, lequel ne se dissout point dans l'eau bouillante, mais qui se désagrége et se comporte avec les réactifs comme de la matière épithélique. On ne trouve dans l'émail que 2 à 6 pour 100 de matière organique; il renferme 88 pour 100 de phosphate de chaux, de 7 à 8 pour 100 de carbonate, et une quantité relativement considérable de fluorure de calcium (4 pour 100).

Le *cément*, qui recouvre le collet et la racine de la dent, ressemble à la substance osseuse proprement dite en ce qu'on y découvre des corpuscules osseux et leurs canaux; mais il n'y a point de canaux de Haver. La constitution chimique du cément est à peu près identique avec celle des os.

Les molaires sont ordinairement un peu plus riches en principes minéraux que les incisives. Les défenses de l'éléphant et celles du sanglier contiennent relativement une forte proportion de matière organique. Les dents des pachydermes renferment plus de phosphate de magnésie que celles des autres animaux.

Tissu cartilagineux.

99. Au point de vue anatomique, il faut distinguer deux sortes de cartilages : les cartilages proprement dits, et les fibro-cartilages.

Les *cartilages proprement dits* sont formés d'une substance principale qui, au premier abord, paraît homogène et creusée de nombreuses cavités, dans chacune desquelles est déposée une ou plusieurs cellules à noyau simple ou multiple.

Toutefois cette substance n'est pas d'une homogénéité parfaite; en général, elle paraît grenue, souvent aussi un peu fibreuse. Quand on la traite par l'acide sulfurique concentré, puis par l'eau, sous l'objectif du microscope, on reconnaît que les granules ou les fibres de la substance intercellulaire se dissolvent plus difficilement que la matière cartilagineuse qui les entoure. Soumise à l'action de l'eau bouillante, sous la pression atmosphérique, pendant douze à quarante-huit heures, ou traitée pendant une heure dans le digesteur de Papin, la substance principale du cartilage se dissout, ainsi que les granules; les formations cellulaires seules restent indissoutes.

La substance intercellulaire des cartilages peut seule se transformer en chondrine, d'où résulte que la constitution chimique de la matière cellulaire diffère essentiellement de celle de la substance intercellulaire; toutefois elle est très peu connue. On sait seulement que les noyaux résistent plus longtemps encore que la mem-

brane cellulaire à l'action de l'acide sulfurique concentré, de la potasse caustique et de l'eau; la membrane principale de la cellule mère disparaît même à l'œil après un contact prolongé avec l'acide acétique.

Les *fibro-cartilages* contiennent, outre la matière des cellules cartilagineuses ordinaires, une substance éminemment fibreuse, dont les fibres, à contours vifs et foncés, sont parallèles ou s'entrecroisent dans diverses directions, et n'offrent aucune trace de noyaux.

On n'a jusqu'à présent constaté aucune différence de constitution entre les cellules des fibro-cartilages et celles des cartilages proprement dits; cependant les observations microscopiques et chimiques démontrent que la matière gélatineuse qu'on retire de la substance intercellulaire des fibro-cartilages n'est point identique avec la chondrine retirée des cartilages proprement dits; la solution de cette matière précipite fort peu par l'acide tannique; avec l'alun, il est vrai, elle donne comme la chondrine un précipité volumineux, qui cependant ne se dissout pas dans un excès de précipitant; de même le bichlorure de platine y produit un précipité insoluble dans un excès de ce réactif.

Si l'on fait agir, dans le champ du microscope, de la potasse caustique, de l'acide sulfurique ou de l'acide acétique concentré, sur une préparation de fibro-cartilage, la structure fibreuse semble disparaître; les fibres ne se dissolvent pas, mais elles se dilatent en une sorte de gelée, et deviennent par là même invisibles. Dans l'acide sulfurique concentré persistent ordinairement quelques fibrilles analogues aux fibres à noyaux.

Il existe aussi des fibro-cartilages (par exemple le cartilage du genou) constitués principalement par un véritable tissu connectif très ferme, fibreux et présentant çà et là des fibres à noyaux. Ces cartilages toutefois ne fournissent pas non plus de chondrine par l'ébullition, mais bien de la gélatine. Les cellules enfermées dans la substance principale se comportent comme celles des cartilages proprement dits.

Dans une troisième espèce de fibro-cartilages (cartilages épiglottique, auriculaire, etc.), le squelette fibreux qui enveloppe chaque cellule consiste en un tissu épais de fibres fines et élastiques. Ni l'acide sulfurique, ni la potasse concentrée n'altèrent ces fibres, tandis que les cellules sont détruites par un contact de six à sept heures avec les réactifs précédents.

L'examen quantitatif exact du tissu cartilagineux est encore à faire. Les 2 à 5 centièmes de *matière grasse* qu'on peut retirer de ce tissu quand il est sec, sont déposées principalement dans les cellules; on en peut aussi apercevoir çà et là quelques gouttelettes dans la matière intercellulaire.

La quantité d'*eau* varie, pour les cartilages récents, entre 54 et 70 pour 100.

On a trouvé dans les cartilages costaux de 3 à 6 pour 100 de *matières minérales;* elles consistent en phosphates de chaux et de magnésie, carbonates alcalins, chlorure de sodium et sulfates, ces derniers sels en proportions remarquablement fortes.

Tissu cellulaire.

100. Ce tissu forme un réseau tantôt serré, tantôt plus ou moins lâche de fibres allongées, fines, réunies pour la majeure partie en faisceaux. Dans les membranes séreuses, les fibres sont groupées plus étroitement et forment des faisceaux épais qui s'entrecroisent d'une infinité de manières en laissant entre eux des mailles assez grandes; lorsque ces faisceaux fibreux sont plus serrés les uns contre les autres, qu'ils suivent des directions à peu près parallèles, ils constituent des ligaments et des tendons. Enfin on trouve toujours dans le tissu cellulaire, indépendamment des vaisseaux, des nerfs et des cellules graisseuses, ce qu'on appelle des *fibres à noyaux* ou *fibres élastiques*.

Si l'on soumet le tissu cellulaire à l'action de l'eau bouillante, on le voit se resserrer d'abord un peu; bientôt cependant il se dilate et prend l'apparence d'une gelée; si l'action de l'eau continue, il finit par se dissoudre. Traité par le bichlorure de mercure, l'alun, le sous-sulfate de peroxyde de fer, le tannin, il se contracte et devient imputrescible. Bouilli avec des acides ou des alcalis étendus, il se transforme plus rapidement encore en gélatine que sous l'influence de l'eau bouillante.

Dans l'acide acétique concentré, il se prend en gelée et devient invisible au microscope; toutefois il ne se dissout pas, car si l'on vient à traiter cette gelée par l'eau et qu'on neutralise l'acide acétique par l'ammoniaque, les fibres reparaissent sous leur forme primitive.

Comme ces fibres deviennent invisibles sous l'influence de l'acide acétique, mais que les fibres élastiques du tissu demeurent inaltérées, on peut employer avec avantage ce réactif pour rendre ces dernières plus faciles à examiner au microscope.

Les fibres du tissu cellulaire se dilatent aussi sous l'influence des alcalis; mais l'addition ultérieure d'une certaine quantité d'eau a pour effet de les dissoudre en réalité.

Le tissu cellulaire de l'embryon se compose de cellules fusiformes unies par une matière intercellulaire particulière, susceptible, quand on la traite par l'eau, de donner de l'albumine et une substance qui a l'aspect d'un mucus gélatineux; toutefois cette matière ne produit, par l'ébullition, ni gélatine, ni chondrine. On a proposé de lui donner le nom de *tissu muqueux* (par exemple dans la gélatine de Wharton).

Tissu élastique.

101. Les fibres élastiques apparaissent au microscope tantôt sous forme de rubans aplatis, assez larges, un peu cassants et fréquemment ramifiés; tantôt elles sont plus étroites, ont une certaine tendance à s'enrouler en spirales et présentent des noyaux (fibres à noyaux). Ordinairement elles sont disséminées dans d'autres tissus; c'est ainsi que l'on rencontre des fibres à noyaux dans le tissu cellulaire.

Lorsque les fibres élastiques apparaissent en groupes plus considérables, elles constituent des réseaux à mailles

larges ou des espèces d'arabesques avec des courbures en forme de crochets; d'autres fois elles forment un tissu qui présente des intervalles à peu près égaux, semblable à un réseau de vaisseaux anastomosés. On les trouve en plus grande quantité, mélangées toujours avec les fibres d'autres tissus élémentaires, dans les ligaments jaunes de la colonne vertébrale et dans le ligament large de la nuque.

Ces fibres ne perdent leur élasticité ni par l'action de l'alcool, ni par celle de l'eau bouillante : l'ébullition fût-elle prolongée pendant soixante heures, elles ne se dissoudraient pas. Si l'on vient à les soumettre à la température de 160° pendant trente heures, elles se transforment en une masse brunâtre ayant l'odeur de la colle; elle n'est pas susceptible de se transformer en gelée ; elle est précipitée par le tannin, l'acide picrique, le sublimé corrosif, mais non par les autres réactifs qui précipitent la chondrine.

La fibre élastique est insoluble dans l'acide acétique concentré; elle se dissout, avec une coloration brune, dans l'acide chlorhydrique un peu étendu ; le produit de cette dissolution est soluble dans l'eau et dans l'alcool.

Traitée par l'acide sulfurique étendu d'une certaine quantité d'eau, elle donne de la leucine, mais pas de sucre de gélatine.

Chauffée avec de la potasse médiocrement concentrée, elle se transforme en une masse gélatineuse au bout de quelques jours seulement.

Pour se procurer la fibre élastique parfaitement pure, il faut la séparer des parties appartenant à d'autres

tissus en la faisant bouillir avec de l'eau, puis avec de l'acide acétique, et en la traitant par une lessive étendue de potasse.

Tissu corné.

102. La structure de l'*épiderme*, des *ongles* (griffes et sabots), de la *corne* et des *fanons* ne peut être décelée que par l'emploi de certains réactifs qui transforment ces tissus en cellules à noyaux; ils ne peuvent donc pas être regardés *à priori* comme des formes différentes d'un seul et même principe.

Il suffit de traiter la plupart de ces tissus par l'eau froide ou tiède, pour qu'ils se ramollissent et se changent en des cellules, où l'on aperçoit des noyaux plus ou moins distinctement. Ce sont principalement l'épiderme et les excroissances épidermiques qui donnent de ces cellules ovoïdes, aplaties, notamment celles qui sont voisines du réseau de Malpighi. L'eau agit plus lentement sur la substance des ongles, très peu sur la corne et les sabots; elle est sans action sur les fanons et sur l'écaille.

L'action des alcalis caustiques aussi concentrés que possible, surtout de la soude, indique très bien la structure cellulaire de tous ces tissus. Les dissolutions alcalines, même étendues, agissent si énergiquement sur l'épiderme, que les petites écailles se transforment en cellules transparentes, ovales ou sphériques, dont le noyau, primitivement visible, disparaît peu à peu. La substance des ongles et des sabots subit les mêmes

transformations, moins promptement cependant, lorsque après les avoir traitées par les lessives caustiques on vient à y ajouter de l'eau. Les lamelles des fanons, traitées de la même manière, se présentent également comme constituées de cellules aplaties; la substance du noyau se dissout toujours avec plus de facilité que la membrane même des cellules. L'écaille ne se transforme en cellules polygonales et ovoïdes que par l'action prolongée des mêmes réactifs.

L'acide acétique n'a qu'une action faible ou nulle sur le tissu corné.

L'acide sulfurique, surtout à une douce chaleur, met en évidence la structure cellulaire de ce tissu.

L'acide nitrique colore en jaune la plupart des tissus cornés; cependant il ne fait apparaître les cellules qu'imparfaitement ou pas du tout.

De ces réactions, on peut conclure que les tissus cornés dérivent de cellules ou de vésicules à noyaux qui, au lieu de se développer davantage, comme les cellules d'autres organes, se dessèchent jusqu'à un certain point et ne demeurent agglutinées qu'à la faveur d'une substance intercellulaire peu connue jusqu'à présent. Indépendamment de cette substance problématique, on peut admettre dans ces tissus trois autres principes solides, chimiquement différents, savoir : la matière qui constitue les membranes des cellules et qui se dissout avec beaucoup de difficulté dans les alcalis; le contenu des cellules et le noyau qui s'y dissolvent plus aisément; enfin les granules qui, étant absolument insolubles dans les alcalis, restent intacts après la complète dissolution

de certains tissus, et qui ne sont pas uniquement formés de matière grasse.

La proportion des principes minéraux contenus dans les tissus cornés varie peu autour de 1 pour 100; cependant la quantité de soufre non oxydé qu'ils renferment est assez variable. Dans l'épiderme, on n'en trouve que 0,74 pour 100; dans l'écaille, 2,22 pour 100; dans les ongles, 2,80; dans la corne de bœuf, 3,42; dans les fanons, 3,60; dans les sabots de cheval, 4,23. En moyenne, ces tissus renferment 51 pour 100 de carbone, 6,8 d'hydrogène, 17 d'azote et de 20 à 22 d'oxygène.

Tissu capillaire.

103. Les tiges des cheveux ont seules été étudiées au point de vue de leur constitution chimique. D'après les recherches anatomiques, elles renferment trois éléments, savoir : la pellicule épidermique, la substance corticale et la substance médullaire.

La *pellicule épidermique* se compose de petites écailles imbriquées; lorsqu'on les isole, ces écailles paraissent transparentes et quadrangulaires; elles ne semblent renfermer ni noyau, ni autre contenu, et se distinguent par leur complète insolubilité dans les alcalis caustiques et dans l'acide sulfurique concentré.

La *substance corticale* ou fibreuse qui constitue la plus grande partie du cheveu, se décompose, sous l'influence de l'acide sulfurique aidé d'une douce chaleur, en fibres aplaties, allongées, qui se subdivisent à leur tour en plaques allongées renfermant un noyau de couleur

foncée. Après une digestion prolongée dans une lessive étendue de potasse, la substance corticale se dissout, sauf les noyaux allongés. Cette substance présente quelques interstices remplis d'air et un nombre plus ou moins grand de granules de pigment, selon le degré de coloration des cheveux.

La *substance médullaire*, que l'on n'aperçoit distinctement qu'après avoir rendu transparente la substance corticale par l'action des alcalis, se compose de cellules serrées les unes contre les autres, quadrangulaires, plus rarement rondes et disposées en séries rectilignes; l'action des alcalis démontre qu'elles renferment un noyau rudimentaire arrondi, ovale, clair, et des granules foncés qui, pour la majeure partie, ne sont autre chose que de petites vésicules remplies d'air.

Dans les cheveux dégraissés, déduction faite des cendres, on a trouvé 50,65 pour 100 de carbone, 6,36 d'hydrogène, 17,14 d'azote, 20,85 d'oxygène et 5 de soufre.

On n'a pu encore isoler la matière colorante propre des cheveux.

La couleur blanche tient à la présence d'une grande quantité d'air dans les cheveux. La proportion de fer qu'ils contiennent n'a point d'influence sur leur couleur.

La matière grasse des cheveux se compose de margarine, d'acide margarique et d'oléine, imprégnées des acides gras volatils de la sueur.

La proportion des principes minéraux est très variable (de 0,54 à 1,85 pour 100); toutefois elle n'exerce au-

cune influence notable, ni sur la couleur, ni sur aucune autre propriété des cheveux.

La quantité d'oxyde de fer que renferment les cheveux varie de 0,058 à 0,390 pour 100. Il y a toujours un peu de silice; les poils des animaux en contiennent toujours un peu plus que les cheveux des hommes.

La laine et les soies sont composées à peu près des mêmes éléments que les cheveux; les plumes, au contraire, renferment bien moins d'oxygène et se distinguent surtout en ce qu'elles contiennent beaucoup plus de silice.

Cellules fusiformes contractiles.

104. Elles forment, en se groupant, des faisceaux et des membranes dans les muscles lisses; toutefois on les trouve disséminées dans beaucoup d'autres tissus, auxquels elles communiquent une certaine contractilité déterminée par des influences nerveuses.

Ces cellules apparaissent d'ordinaire sous forme de fibres longues, fusiformes, étroites; leurs extrémités se terminent en pointes; fréquemment elles constituent aussi de petites écailles allongées, carrées ou claviformes, à bords souvent frangés; dans la plupart d'entre elles, on distingue, après traitement par l'acide acétique, un noyau parfaitement homogène, ou des corpuscules nucléeux.

L'acide chlorhydrique très étendu (1 partie d'acide pour 3000 parties d'eau) possède, comme l'acide acétique étendu, la propriété de rendre transparente, au bout

d'un certain temps, la matière des cellules et d'en faire apparaître plus distinctement les noyaux. Un contact plus prolongé, ou l'emploi d'un acide acétique plus concentré, a pour effet de dissoudre la matière cellulaire ; le résidu indissous est composé de noyaux oblongs et de fins granules de graisse (fig. 22).

Fig. 22. Cellules fusiformes contractiles.

Dans l'acide nitrique concentré, les cellules fusiformes se contractent, les noyaux n'apparaissent pas ; mais si l'on ajoute de l'eau, elles se dilatent de nouveau fortement.

Le même acide, médiocrement concentré, en contractant un peu les cellules, fait paraître leurs bords plus nettement tranchés; il peut donc être employé avec succès pour rendre apparentes les cellules là où il est difficile de les distinguer; l'acide concentré les transforme en fibrilles d'une couleur jaunâtre.

L'acide sulfurique concentré, l'acide chromique, les alcalis caustiques, détruisent les cellules fusiformes; du moins ces agents leur font éprouver des modifications si profondes, qu'il serait impossible d'utiliser leur action pour l'étude de la constitution des cellules.

Ces dernières n'éprouvent aucune altération apparente par le contact avec les carbonates de potasse ou de soude, ni par l'action prolongée d'une dissolution très étendue de salpêtre.

On ne saurait démontrer, même par les réactifs chimiques, la présence d'un sarcolemme dans les muscles de la vie organique.

La nature chimique du noyau des cellules fusiformes est absolument inconnue.

La substance cellulaire se dissout, ainsi que nous l'avons dit, dans l'acide chlorhydrique très étendu. Lorsqu'on neutralise cette dissolution, il s'en sépare une gelée d'abord à peine visible, et qui finit par se rassembler en flocons au fond de la liqueur; ces flocons se dissolvent facilement dans les alcalis et dans les acides étendus; ils sont insolubles dans le carbonate et dans le nitrate de potasse. On voit donc que la substance cellulaire présente toutes les propriétés de la syntonine, c'est-à-dire de la fibrine des muscles striés.

Au tissu des muscles de la vie organique (peut-être en général à toute espèce de tissu contractile) appartient essentiellement le suc qui l'imprègne et qui baigne chaque cellule. Ce suc se distingue, surtout par sa réaction acide, du sérum du sang, des transsudations des membranes séreuses; il tient en dissolution de l'albumine, des quantités variables de caséine, un peu de créatine, d'assez fortes proportions d'acide lactique; les sels de potasse y prédominent sur les sels de soude.

Fibrilles des muscles striés.

105. L'examen microscopique démontre que les stries longitudinales que l'on distingue à la surface des faisceaux fibreux déliés des muscles de la vie animale, sont dues à des faisceaux plus déliés encore et qui forment des cylindres arrondis, irrégulièrement aplatis, souvent hexagonaux, dont la surface présente des stries transversales. Ces faisceaux si déliés sont composés de filaments serrés les uns contre les autres, et ressemblant à des chapelets de perles; ils sont étroitement enveloppés d'une membrane amorphe, lisse, dite le *sarcolemme*. Entre les sarcolemmes des divers faisceaux primitifs, reliés ensemble par des fibres de tissu cellulaire, on voit circuler des ramifications de capillaires sanguins et des filets nerveux. Çà et là on distingue sur les sarcolemmes des noyaux arrondis; sur le faisceau enveloppé par le sarcolemme, on remarque nettement des stries longitudinales et des stries transversales; certains anatomistes les regardent pour cette raison comme formés de fibrilles longues, à stries transversales; d'autres, comme constitués par une multitude de lamelles superposées. Probablement il existe encore une substance intermédiaire entre ces filaments des faisceaux primitifs; peut-être aussi chacun d'eux est-il baigné par le suc acide propre aux muscles.

L'acide acétique faible et les acides minéraux très étendus dilatent considérablement les faisceaux primitifs et les font paraître moins colorés; les stries trans-

versales deviennent plus manifestes, tandis qu'on n'aperçoit que rarement les stries longitudinales; les noyaux s'allongent, le sarcolemme demeure inaltéré (fig. 23).

Fig. 23. Fibrilles des muscles striés.

L'acide chlorhydrique concentré et l'acide sulfurique étendu d'une petite quantité d'eau décomposent les faisceaux primitifs en parallélépipèdes courts avec stries transversales très apparentes. On ne distingue pas les noyaux et le sarcolemme. L'acide nitrique concentré exerce la même action, seulement il colore les parallélépipèdes en jaune. L'acide chromique sépare aussi les faisceaux primitifs en pièces parallélépipédiques fortement colorées en jaune; toutefois les stries longitudinales apparaissent aussi nettement sur ces pièces que les stries transversales.

Lorsqu'on fait digérer pendant un certain temps des faisceaux de muscles avec une solution de salpêtre (1 partie de salpêtre pour 17 parties d'eau), à la température de 35°, les stries longitudinales apparaissent de préférence; la portion du cylindre qui fait saillie à l'extérieur du sarcolemme est alors subdivisée en un faisceau de fils détachés.

Un mélange de nitrate mercureux et de nitrate mer-

curique décompose les faisceaux primitifs en parallélépipèdes d'un rouge bleuâtre pâle, où l'on distingue des stries transversales, très fines et très nettes. Le sarcolemme ne prend aucune coloration.

Traités par une dissolution médiocrement concentrée de carbonate de potasse, les muscles deviennent durs et rigides; si l'on examine alors au microscope les faisceaux primitifs, ils paraissent un peu gonflés; on n'y distingue aucune strie longitudinale, mais bien des stries transversales fines et nettement accusées.

Une lessive très faible de soude (1 partie de soude pour 8500 parties d'eau) transforme les faisceaux cylindriques en une masse visqueuse, de telle sorte qu'on n'y distingue plus guère que des sarcolemmes contractés. Si, à une préparation récente on ajoute, sous le microscope, une solution étendue de potasse ou de soude, les cylindres se distendent considérablement, les stries transversales disparaissent, et l'on voit sortir du sarcolemme une gelée parfaitement transparente, en partie grenue, en partie filamenteuse.

La solution aqueuse d'iode colore les faisceaux primitifs en jaune intense et facilite surtout l'apparition des stries longitudinales. Les stries transversales deviennent moins distinctes.

Des traitements répétés à l'eau distillée font disparaître les stries transversales; les stries longitudinales, au contraire, apparaissent très distinctement. Certains sels, notamment le chlorure de calcium et le carbonate de potasse, font reparaître les premières.

La *matière constitutive des muscles*, celle qui forme à

proprement parler les fibrilles, et qui se dissout également bien dans les alcalis faibles et dans l'acide chlorhydrique étendu, présente tous les caractères de la syntonine des cellules fibreuses.

La nature chimique de la substance qui compose les *noyaux* n'est pas encore connue; elle diffère entièrement de la matière des fibrilles; les alcalis étendus la dissolvent un peu plus lentement; les alcalis concentrés la gonflent, et l'addition de l'eau produit encore la dissolution. Elle se dissout même dans l'acide acétique et dans les acides minéraux très étendus qui cependant la rendent plus facile à distinguer lorsqu'ils commencent à agir sur elle.

Les *granules* que l'on aperçoit dans les sarcolemmes dont le contenu a été enlevé au moyen des acides ou des alcalis, consistent pour la plupart en matière grasse.

Les réactions chimiques du *sarcolemme* sous le microscope, et son inaptitude à se transformer en gélatine par l'ébullition, démontrent suffisamment qu'il n'appartient pas au tissu cellulaire; il semble se rapprocher du tissu élastique, car les acides et les alcalis ne peuvent lui enlever son élasticité.

Récemment exprimé, le *liquide* qui imprègne les muscles est en général rendu blanchâtre, opaque ou opalin par la présence d'une certaine quantité de graisse. Sa réaction est fortement acide. Il contient de l'albumine, de la caséine, de la créatine, de la créatinine, de l'acide inosique, de l'acide lactique et plusieurs acides gras volatils, notamment de l'acide acétique et de l'acide formique; on n'y découvre pas de trace d'urée.

Il est remarquable que l'inosite n'apparaisse que dans le liquide des muscles du cœur.

On ne saurait décider encore si les muscles possèdent ou non une matière colorante particulière.

Quant aux *principes minéraux*, le liquide des muscles de la vie animale ne diffère pas du liquide des muscles de la vie organique. Les sels de potasse et les phosphates y prédominent beaucoup sur les sels de soude et les chlorures; le phosphate de magnésie, sur celui de chaux. On y trouve tout au plus des traces de sulfates.

En déterminant les proportions de l'*eau* contenue dans le suc musculaire récent des divers animaux, on a trouvé pour le bœuf 77,4, pour l'homme, 80 centièmes; les substances capables de donner de la gélatine y entrent dans les proportions de 2 à 6 pour 100. La graisse et les principes solubles de la chair ne sont pas moins variables; la première varie de 2 à 4 pour 100, même dans des muscles bien préparés; les seconds, de 6 à 8 pour 100.

Tissu nerveux.

106. Les fibres nerveuses élémentaires ou tubes nerveux sont de deux sortes, entre lesquelles, cependant, on observe une transition insensible.

Les *fibres de la vie animale* ou *fibres cérébro-spinales*, sont des filaments cylindriques ayant de $0^{mm},00902$ à $0^{mm},02256$ de diamètre; récemment préparées, et après avoir été humectées avec une solution de blanc d'œuf, elles paraissent, au microscope, douées d'une homogé-

néité parfaite, transparentes et à bords nettement tranchés. Quand on les humecte d'eau pure, leurs contours paraissent formés d'une double ligne; elles ressemblent alors à des rubans larges, de couleur foncée, présentant une ligne moyenne claire.

L'*enveloppe des fibres nerveuses* ne peut être rendue distincte qu'à l'aide de réactifs particuliers; c'est une membrane transparente, absolument amorphe, douée d'une certaine élasticité.

La *matière médullaire* contenue dans ces tubes paraît entièrement homogène dans les préparations; mais elle se divise au bout de quelque temps (surtout quand elle est en contact avec l'eau) en une substance corticale et en une substance centrale cylindrique. La première se distingue par la couleur un peu plus sombre qu'elle prend et par son aspect grumeleux ou granuleux; c'est la substance médullaire proprement dite; la seconde, au contraire, se présente sous la forme d'un cylindre blanc à contours assez nets. Par suite de la structure granuleuse que prend la substance corticale, la membrane enveloppante se trouve inégalement dilatée ou contractée dans ses diverses parties; elle devient, comme on dit, variqueuse (fig. 24).

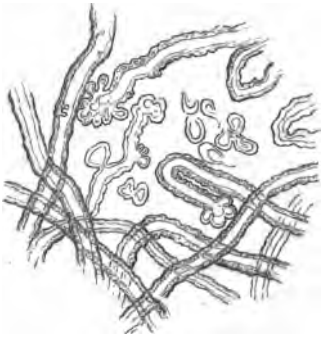


Fig. 24. Matière médullaire.

Les *fibres des nerfs sympathiques* sont plus déliées ; leur diamètre varie de $0^{mm},00478$ à $0^{mm},00677$; elles ressemblent plus que les précédentes à des cylindres solides ; elles ne paraissent composées que d'un cylindre central et d'une membrane enveloppante.

Les faisceaux formés par la réunion d'un certain nombre de fibres élémentaires sont entourés d'une tunique fibreuse, blanche, dense et très brillante, appelée *névrilème ;* elle se compose de tissu cellulaire et de fibres élastiques.

Les *cellules nerveuses* ou *corpuscules ganglionnaires* que l'on rencontre dans les centres nerveux, varient beaucoup de forme et de grosseur. Les plus grandes atteignent jusqu'à $0^{mm},11279$ et $0^{mm},13535$ de diamètre ; les plus petites ne vont guère au delà de $0^{mm},00451$ à $0^{mm},00677$; les unes sont ovoïdes ou presque sphériques ; elles s'observent principalement dans la substance grise du cerveau et de la moelle épinière ; les autres, que l'on rencontre dans les mêmes régions, sont fusiformes, trapézoïdes, triangulaires, irrégulières et présentent un certain nombre de branches terminales souvent ramifiées. On voit aussi, dans les ganglions du grand sympathique, des cellules garnies d'un ou de deux prolongements très pâles. Les cellules se composent d'une membrane enveloppante, d'un noyau à nucléoles et d'un contenu demi-fluide renfermant une multitude de granules.

La *membrane enveloppante* est amorphe, d'une extrême finesse ; elle est à peine visible dans les cellules du cerveau et de la moelle épinière ; on la voit parfaite-

ment, au contraire, dans les cellules des ganglions, où elle est épaisse et élastique.

Le diamètre des *noyaux* varie de $0^{mm},00338$ à $0^{mm},01805$; ils sont, en général, sphériques ou ovoïdes, à contours nets; ils renferment une matière grasse et transparente, et un ou deux nucléoles arrondis ou légèrement allongés, dont le diamètre est de $0^{mm},00113$ à $0^{mm},677$.

La cellule nerveuse est d'ailleurs remplie d'une masse incolore, demi-fluide, qui tient en suspension des granules plus ou moins gros; ces derniers se groupent quelquefois ensemble.

Les bords des fibres nerveuses deviennent bien nets après un traitement par l'alcool bouillant; le contenu des fibres prend une certaine transparence et un aspect terne, granulé. Le cylindre central fait quelquefois saillie à l'extrémité de la fibre. Dans les cellules nerveuses, traitées de la même manière, les granules paraissent seulement un peu plus ternes qu'auparavant.

L'éther fait disparaître la double ligne de contour dans les fibres cérébro-spinales; l'enveloppe devient plus apparente, le contenu granuleux devient plus pâle, le cylindre central devient visible de distance en distance. L'éther a peu d'action sur les cellules nerveuses.

Si l'on chauffe des fibres nerveuses avec de l'acide acétique concentré, la membrane enveloppante devient çà et là plus distincte; entre ses contours internes, on distingue une ligne d'un rouge pâle, contournée sur elle-même; aux extrémités de la fibre déchirée, on aperçoit souvent la saillie du cylindre central, sous la forme d'un

filament très pâle. Si l'on ajoute de l'acide acétique à une préparation placée sous le microscope, on voit les fibres se raccourcir; les cylindres centraux, ainsi qu'une certaine quantité de substance médullaire granuleuse, dépassent alors les sections des extrémités.

L'acide acétique étendu dessine d'une manière plus nette les contours des cellules nerveuses; le contenu devient plus granuleux; le noyau, plus apparent. L'acide concentré détruit peu à peu les cellules, si bien qu'elles disparaissent complétement.

Dans l'acide chlorhydrique concentré, les fibres nerveuses se raccourcissent, mais leur diamètre augmente beaucoup. La substance médullaire présente une granulation plus grossière et prend une couleur plus sombre; elle fait saillie aux extrémités, où l'on aperçoit parfaitement aussi les cylindres centraux.

Les acides nitrique et sulfurique concentrés produisent un effet semblable : le premier seulement colore légèrement en jaune les extrémités des cylindres; le second communique une couleur violette à la fibre tout entière et au liquide environnant.

L'acide chromique détermine une contraction transversale des fibres, en ce sens qu'il produit çà et là la rupture de l'enveloppe et la sortie de la substance médullaire par les déchirures. Il colore d'ailleurs les fibres en jaune intense; quelques-unes de ces dernières sont attaquées si violemment par l'acide chromique que l'on n'en découvre plus que les cylindres centraux au milieu des débris dispersés de la masse médullaire. L'acide chromique resserre un peu les cellules nerveuses, sans

leur imprimer du reste d'autre modification apparente.

La dissolution aqueuse d'iode colore les fibres en jaune pâle, et leurs bords deviennent assez nets (les doubles contours des nerfs de la vie animale disparaissent); la gaîne devient plus facile à distinguer; la masse médullaire prend une teinte plus sombre; les granules deviennent plus petits; çà et là on voit un cylindre central faisant saillie à l'extrémité de la fibre.

Une dissolution de bichlorure de mercure ou d'un mélange de nitrates mercureux et mercurique rendent la fibre dure et tenace; quand on déchire, en les tiraillant, les nerfs ainsi traités, on rend les cylindres parfaitement visibles.

Les fibres se dilatent un peu quand elles sont en contact avec des dissolutions de carbonate de potasse; mais elles ressemblent alors à des boyaux tordus et boursouflés; la substance médullaire devient plus transparente; toutefois il n'est pas possible de distinguer le cylindre central ni la gaîne.

Une lessive étendue de soude contracte cette dernière; le double contour disparaît, la substance médullaire fait saillie aux extrémités sous forme de granules et de globules de couleur sombre; parfois on voit le cylindre central se dilater en une masse gélatineuse, puis devenir invisible. Les fibres nerveuses, préalablement traitées par l'alcool ou l'éther, se contractent d'une manière sensible dans une solution étendue de soude, et y deviennent très pâles; elles ressemblent alors à des gaînes nerveuses débarrassées de leur contenu. Les cellules nerveuses se dilatent un peu par l'action de la soude;

la membrane enveloppante devient plus distincte, mais le noyau disparaît d'ordinaire petit à petit.

Une dissolution concentrée de potasse détruit peu à peu les fibres nerveuses, au point qu'on ne voit plus, au bout d'un certain temps, qu'un résidu granuleux.

107. Afin de rendre visibles les tuniques des fibres individuelles, on met des nerfs, préalablement bouillis dans l'acide nitrique, en contact avec une dissolution étendue de potasse. Le contenu, primitivement granuleux, sort alors de la gaîne en gouttelettes pâles. On peut encore se procurer des gaînes parfaitement vides en traitant les fibres nerveuses d'abord par l'alcool et l'éther, puis par l'acide acétique concentré.

Quant à la constitution chimique de la *membrane enveloppante* des fibres nerveuses, l'analyse microscopique conduit aux résultats suivants : La substance de cette membrane ne faisant pas gelée dans l'acide acétique, et ne se dissolvant ni dans l'eau bouillante, ni dans les alcalis étendus, ne peut pas être formée par la matière qui constitue le tissu cellulaire. Elle se dissout dans l'acide acétique et dans l'acide sulfurique concentrés, dans les lessives concentrées de soude et de potasse après un contact prolongé, et surtout avec le concours de la chaleur ; elle ne saurait donc appartenir au tissu élastique ; mais comme cependant elle est difficilement soluble dans les menstrues que nous venons de citer, et que l'acide nitrique ne la colore point en jaune, on ne peut pas non plus la regarder comme formée par une matière albuminoïde, bien que d'ailleurs elle se

rapproche des matières de ce groupe bien plus que de la substance qui caractérise le tissu élastique.

Le *cylindre central* est formé d'une substance albuminoïde présentant, avec l'acide acétique, les acides minéraux concentrés et les alcalis, les mêmes réactions que la syntonine. Elle diffère de la fibrine par son insolubilité dans le carbonate de soude, par la difficulté avec laquelle elle se dissout dans l'acide acétique; de la syntonine, par son insolubilité dans l'acide chlorhydrique étendu; d'ailleurs elle diffère plus encore des principes qui constituent les autres tissus.

On n'est pas d'accord jusqu'à présent sur la constitution chimique de la *matière médullaire;* suivant l'opinion la plus probable, elle contient une matière albuminoïde et des matières grasses dissoutes à la faveur de savons aisément décomposables; la transparence qu'elle acquiert sous l'influence de l'eau est peut-être moins la conséquence de la coagulation du composé albuminoïde, que de la séparation de la matière grasse d'avec les savons décomposés et le corps albuminoïde.

Il est encore plus difficile, d'après les réactions précédemment énumérées, de se faire une idée de la constitution des éléments solides qui composent les *cellules nerveuses*. La membrane enveloppante se dissout difficilement dans l'acide acétique; elle est complétement insoluble dans le carbonate de potasse; à ce point de vue, elle se rapproche donc de la syntonine. Les noyaux se comportent comme ceux de la plupart des cellules animales; leur constitution est donc encore problématique pour nous. Le contenu granuleux des cellules

semble composé d'une substance albuminoïde en partie dissoute, en partie simplement distendue; il contient moins de graisse que la matière médullaire des fibres nerveuses.

108. On n'a fait jusqu'ici aucune étude de la matière cérébrale et de la matière nerveuse, en se basant sur les résultats des recherches micrographiques. Les observations qui ont été faites sur des masses nerveuses et cérébrales plus considérables, ont donné les résultats suivants :

D'après le plus grand nombre des analyses, la matière nerveuse renfermerait une *substance albuminoïde* coagulée; les analyses micrographiques apprennent au contraire d'une manière positive, que la substance albumineuse qui s'y trouve y existe à l'état soluble. Quant au cylindre central, formé aussi par un principe albuminoïde, il reste encore à décider s'il préexiste dans la fibre, ou s'il prend naissance seulement lorsque, par les réactifs chimiques, on a déterminé la coagulation d'une matière analogue à la syntonine; la parfaite homogénéité de la fibre récemment préparée rend au moins probable cette dernière opinion.

Bien que les matières grasses du tissu nerveux aient été l'objet de fréquentes recherches, leur histoire n'en est pas moins fort obscure encore. On avait coutume de compter comme *matières grasses* cérébrales toutes les substances qu'on pouvait extraire de la masse nerveuse par l'éther chaud et l'alcool bouillant. Mais parmi ces substances il en est un certain nombre dont la nature est encore inconnue; les unes appartiennent évidem-

ment au groupe des matières grasses, d'autres présentent avec ces dernières des différences essentielles. Il est certain, toutefois, que l'extrait éthéré de la matière cérébrale renferme de l'*oléine*, ainsi que de l'*acide oléique* et de l'*acide margarique;* on y trouve aussi de la *cholestérine*, et enfin deux autres substances, la *cérébrine* et la *lécithine*, qui réclament de nouvelles expériences.

La *cérébrine* est une poudre blanche qui ne se dissout à chaud que dans l'alcool et l'éther; elle fond et se décompose à une température supérieure à 100°. Elle renferme environ 0,4 pour 100 de phosphore. Les nombres suivants font connaître les rapports de ses autres éléments :

Carbone.	66,8
Hydrogène.	10,7
Azote.	2,9
Oxygène.	19,6
	100,0

La *lécithine* est encore moins connue que la cérébrine; elle se présente sous la forme d'une masse gluante que les alcalis et les acides décomposent en acides oléique, margarique et phosphoglycérique.

Les *principes minéraux* de la matière cérébrale sont : le phosphate de potasse et celui de soude (ce dernier, moins abondant que le premier); l'acide phosphorique, le chlorure de sodium (en faible proportion).

La cendre de la substance cérébrale grise possède une réaction alcaline prononcée; celle de la substance blanche est fort acide.

Les déterminations quantitatives ont eu spécialement pour objet de trouver les proportions de l'*eau* et des matières susceptibles d'être extraites par l'éther. La substance blanche contient une proportion d'eau notablement moindre que la substance grise; mais elle est plus riche en matières grasses, ou, pour parler plus exactement, en matières solubles dans l'éther. Dans les diverses parties de l'encéphale, la quantité d'eau est à peu près en rapport inverse avec la quantité de graisse. La substance corticale des hémisphères contient de 84 à 88 pour 100 d'eau, de 4,8 à 6,5 pour 100 de graisse, et très peu d'acide cérébrique. La substance blanche du mésolobe renferme au contraire de 63 à 70 pour 100 d'eau et de 15 à 21 pour 100 de graisse. C'est la moelle allongée qui présente le plus de graisse et le moins d'eau.

Le cerveau des nouveau-nés et celui des vieillards renferme plus d'eau que celui des adultes.

L'extrait éthéré contient de 1,68 à 2,53 pour 100 de *phosphore*. On n'a point trouvé de différence constante entre les quantités de ce corps simple dans le cerveau des divers animaux et celui de l'homme. Chez ceux-là, la proportion du phosphore varie, du reste, de 1,53 à 3,40.

On a trouvé dans la substance blanche de 14 à 16 pour 100 de matières insolubles dans l'éther (matières albuminoïdes, enveloppes membraneuses); dans la substance grise, leurs proportions varient entre 9 et 11 pour 100. Le cerveau des sujets jeunes en renferme généralement moins que celui des sujets plus âgés.

Exsudations.

109. Les exsudations présentent certaines ressemblances avec les transsudations; jusque dans ces derniers temps, on n'avait fait qu'une seule classe de ces deux sortes de matières, erreur d'autant plus naturelle, qu'il existe entre elles de nombreux intermédiaires. Toutefois, dans une classification scientifique, il est nécessaire de les séparer et de les distinguer nettement. Les exsudations diffèrent, en effet, des transsudations par leur mode d'origine, par la manière dont elles prennent naissance aux dépens du sang, par leurs propriétés physiques et par les proportions de certains principes qu'elles renferment.

Nous avons vu (page 160) que les transsudations se forment d'après des lois simples. Tant que le sang ne reste pas absolument immobile dans les capillaires, les parois de ces vaisseaux ne sont traversées que par les éléments de ce liquide, soit parce que la perméabilité des parois se trouve augmentée, soit parce que le liquide acquiert à un plus haut degré la propriété de les traverser. Au contraire, les exsudations ne prennent naissance qu'à la suite d'une inflammation proprement dite, c'est-à-dire d'une immobilité complète du sang dans les capillaires, d'un changement dans ses propriétés physiques et d'une rupture partielle des vaisseaux. Il en résulte évidemment que les propriétés des exsudations sont différentes de celles des transsudations.

Les premières renferment toujours beaucoup de fibrine

et bien plus d'albumine que les dernières; les phosphates et les sels de potasse y prédominent; presque toujours on trouve dans les exsudations une quantité plus ou moins grande de globules de sang altérés, qui manquent absolument dans les transsudations proprement dites. Mais la différence essentielle entre ces deux classes de matières résulte de la grande tendance qu'ont les exsudations à éprouver des métamorphoses; les transsudations peuvent séjourner pendant longtemps dans les cavités qu'elles ont remplies, sans éprouver de changements appréciables dans leur composition, tandis que toutes les exsudations ont cela de remarquable qu'il se forme dans leur sein certains produits solides, qu'elles jouissent d'une certaine plasticité, et qu'elles éprouvent sans cesse des modifications sous le rapport de la forme et de la composition chimique. Lors même que les exsudations ne se transforment pas en véritables tissus ou en cellules, on y trouve toujours, quelque temps après qu'elles se sont formées, non-seulement de la fibrine coagulée, mais encore d'autres éléments solides qui accusent une tendance à la production de tissus organisés.

Cette plasticité plus ou moins grande des exsudations est due évidemment à l'un ou à l'autre de leurs principes constitutifs, soit à la fibrine, soit aux phosphates, soit à l'hématocristalline provenant des globules.

On attribue ordinairement les propriétés plastiques des exsudations à la présence de la fibrine; toutefois, comme cette substance se retrouve en quantité notable dans certaines transsudations, notamment dans celles

de l'hydropisie aiguë, sans qu'il s'y manifeste la moindre plasticité, il faut admettre que celle-ci ne dépend pas uniquement de la présence de la fibrine. Il est donc plus que probable que ce sont les éléments des globules du sang, détruits par les réactions inflammatoires, soit dans l'intérieur même, soit à l'extérieur des capillaires, qui déterminent la plasticité des exsudations. On serait tout d'abord disposé à l'attribuer à l'hématocristalline, si apte à subir des transformations de toute espèce; mais comme cette substance paraît absolument manquer dans le liquide plastique, dépourvu de globules, qui s'épanche des incisions récentes, une semblable hypothèse n'est rien moins que démontrée. Aussi a-t-on cherché dans les phosphates la cause de la plasticité; cette opinion s'est trouvée confirmée par ce fait que partout où des cellules ou des fibres prennent naissance, on constate la présence des phosphates en quantités appréciables, même chez les animaux inférieurs, qui cependant ne renferment que très peu de phosphates. Ajoutons à cela que le sang qui sort des organes où la vitalité est la plus énergique, par exemple, celui qui sort des muscles où les métamorphoses des tissus sont très actives, renferme toujours moins de phosphates que le sang veineux qui vient des capillaires appartenant à des organes où l'activité vitale est moins énergique. Enfin un certain nombre d'analyses faites avec soin ont appris que les phosphates sont toujours plus abondants dans les sécrétions plastiques des blessures, dépourvues de globules, que dans le sérum du même organisme. Il est donc à peu près certain que les phosphates sont

indispensables à la formation des cellules et des tissus, puisqu'on les y rencontre toujours, mais il n'est pas démontré pour cela que ces sels soient la seule cause de la plasticité des exsudations.

110. Jusqu'ici on n'a pas encore suivi d'une manière satisfaisante les transformations chimiques qui accompagnent les changements de forme subis par les exsudations. On ne possède même pas d'expériences qui indiquent leur composition chimique, dans leurs différents états de développement; on a fait, il est vrai, des recherches nombreuses sur le pus, l'un des produits de transformation des exsudations; toutefois les résultats manquent de précision, et les conséquences qu'on en peut tirer sont fort restreintes. Quant aux autres produits de transformation, ils nous sont parfaitement inconnus. Voici les seuls faits qu'on a recueillis sur la constitution du pus:

Le *pus* est un liquide ordinairement jaunâtre et visqueux; il se distingue des autres exsudations par la présence de corpuscules très nombreux qui s'y trouvent disséminés assez uniformément. Il se compose donc, comme le sang, de globules et d'un sérum ou d'un liquide qui les tient en suspension.

Les globules, dont le diamètre varie de $0^{mm},00902$ à $0^{mm},01128$, se composent d'une membrane enveloppante qui paraît souvent granulée ou plissée, d'un contenu visqueux, transparent, et d'un noyau excentrique adhérent à la paroi de l'enveloppe. Comme la lymphe, le sang et les mucosités renferment des éléments solides tout à fait semblables, on a proposé de comprendre sous

la désignation collective de *corpuscules cytoïdes* les globules de la lymphe, les globules incolores du sang et les globules du mucus et du pus.

Il est plus difficile, pour le pus que pour le sang, de séparer les globules du liquide où ils nagent. On ne possède aucun moyen mécanique pour opérer cette séparation : l'addition de sels, avant la filtration, ne conduit à aucun résultat satisfaisant. Ces globules se précipitent comme les globules du sang ; mais la séparation se fait avec une si grande lenteur, qu'ordinairement le pus éprouve déjà un commencement de décomposition, avant que la précipitation soit nettement effectuée.

Le pus est en effet susceptible de subir diverses transformations, avec le concours de l'air ; il peut éprouver la fermentation acide, alcaline ou putride. La première se manifeste, quand le pus est enfermé dans des flacons bien bouchés, à une température médiocrement élevée ; il perd peu à peu sa réaction normale qui est alcaline, et acquiert des propriétés acides ; il se forme alors des acides gras volatils et non volatils. On peut constater chimiquement la présence de l'acide butyrique ; au microscope, on distingue aisément de l'acide margarique provenant de la décomposition des matières grasses neutres. C'est l'action des acides sur les corpuscules qui permet de distinguer plus facilement les noyaux qui auparavant étaient invisibles ou n'apparaissaient que d'une manière confuse.

Le pus impur, contenant du mucus ou du sang, ou celui qu'on extrait des abcès, éprouve au bout de peu de

temps la fermentation alcaline sans passer par la fermentation acide. Il s'y développe une odeur d'ammoniaque et de sulfhydrate d'ammoniaque ; les globules se déchirent ou se résolvent en une masse gélatineuse ; les noyaux ne se trouvent point isolés et n'apparaissent pas dans les globules ; on n'y aperçoit que des granules et des vibrions.

Les corpuscules cytoïdes, comme les globules du sang, se laissent facilement traverser par les courants d'endosmose ; aussi leur diamètre dépend-il principalement de la densité du liquide qui les tient en suspension. C'est également par cette raison que les corpuscules de la salive sont plus gros que ceux du sang, et plus petits que ceux du pus.

La partie liquide du pus a sans aucun doute des rapports déterminés avec le sérum du sang ; les maladies qui altèrent la composition de ce dernier influent donc aussi sur les dimensions des corpuscules du pus sécrété pendant ces maladies. En effet, si l'on étend d'eau distillée une certaine quantité de pus, les globules se gonflent fortement, l'aspect granulé ou plissé de l'enveloppe disparaît, le noyau devient plus distinct ; quelques-uns de ces globules absorbent des quantités d'eau si considérables qu'ils crèvent.

Les acides minéraux très étendus et les solutions médiocrement concentrées des acides organiques ont une action analogue ; ils déterminent un courant dirigé du liquide extérieur vers l'intérieur des globules. C'est surtout par l'emploi de semblables dissolutions qu'on parvient à rendre les noyaux visibles ; par ce moyen on

voit fréquemment ces derniers, de simples, lenticulaires ou déprimés qu'ils étaient, se scinder en deux, en trois ou en un plus grand nombre de vésicules, où l'on distingue souvent un ou deux granules (corpuscules du noyau ?).

Les dissolutions de sels alcalins contractent les corpuscules du pus en leur retirant de l'eau. Ils perdent alors leurs contours tranchés et se transforment en petits amas grenus et dentelés.

Les alcalis caustiques détruisent rapidement les corpuscules; après leur action on n'aperçoit plus dans le liquide environnant que quelques points, les uns plus clairs, les autres plus obscurs.

Il y a peu de conclusions à tirer, au point de vue de la constitution des globules, des réactions opérées par d'autres agents. Les enveloppes, les noyaux, le liquide visqueux de l'intérieur donnent, au contact de l'acide nitrique et des nitrates mercureux et mercurique, des réactions analogues à celles que présentent les matières albuminoïdes, autant du moins que l'albumine, qui se sépare en même temps du sérum du pus, permet de le reconnaître. Les granules clairs ou obscurs qu'on aperçoit, après avoir traité le pus par les alcalis caustiques, sont composés de matière grasse.

On rencontre accidentellement d'autres éléments en suspension dans le pus, tels que des gouttelettes abondantes de graisse, des globules de sang, de l'épithélium, des cellules d'exsudation, des débris de tissu cellulaire, etc.

Le *sérum du pus* est parfaitement transparent, incolore

ou faiblement coloré en jaune; il possède une réaction légèrement alcaline, et se coagule par l'action de la chaleur en une masse blanche très dense. Le principe le plus important de ce sérum est l'albumine, qui en forme de 1,2 à 3,7 pour 100. Le *mucus*, la *caséine*, la *pyine*, ne sont que des principes anormaux du pus.

D'autres principes appartiennent sans doute à la fois au sérum et aux globules; du moins on ne sait à cet égard rien de positif. Parmi eux il faut ranger une *matière grasse*, dont une bonne partie appartient certainement aux globules. La matière grasse qu'on extrait du pus desséché renferme non-seulement de la margarine et de l'oléine, mais encore des acides margarique et oléique, ainsi que de la cholestérine; celle-ci s'élève quelquefois jusqu'à 1 pour 100 du pus liquide.

Le pus normal renferme de 14 à 16 pour 100 de *principes solides;* desséché, il contient de 5 à 6 pour 100 de substances minérales; le rapport des sels solubles aux sels insolubles y varie de 7 à 9.

Dans le pus de mauvaise nature, les globules sont d'ordinaire moins abondants. Il renferme en conséquence moins de principes solides; parmi ceux-ci prédominent les sels, notamment les sels solubles.

Parmi les *principes minéraux* insolubles, on trouve les phosphates de chaux et de magnésie, le sulfate de chaux et l'oxyde de fer.

Le pus renferme surtout plus de sels solubles que le sérum du sang; il contient aussi, par cela même, beaucoup plus de *chlorure de sodium;* en moyenne, il en renferme trois fois autant qu'une quantité équiva-

lente de sérum de sang. La proportion des *phosphates solubles* contenus dans les cendres varie entre 3 et 10 pour 100.

Le pigment biliaire, les acides résineux de la bile, l'urée et le sucre, n'apparaissent dans le pus que dans des cas anormaux.

TROISIÈME PARTIE.

RÉACTIONS CHIMIQUES DE L'ÉCONOMIE.

Forces et lois des mouvements organiques.

111. Une *réaction* se compose ordinairement d'un ensemble de phénomènes qui se rattachent les uns aux autres et s'accomplissent dans un temps donné, pour faire place à un état de repos définitif que l'on regarde comme le résultat ou le but du mouvement qui l'a précédé. Ce mouvement, nos sens ne peuvent le saisir comme tel; nous ne pouvons acquérir la certitude de son existence qu'en considérant, à divers instants, les changements qui se manifestent dans la matière.

De là résulte que, pour comprendre une réaction, un mouvement physique ou chimique, il faut arriver à établir une dépendance idéale dans la série des phénomènes, et chercher à découvrir la cause en vertu de laquelle un phénomène découle de l'autre; nous parvenons à expliquer une réaction, lorsque nous avons réussi à saisir la cause des mouvements individuels et à rapporter à une cause de mouvement générale le résultat total de tous ces phénomènes. Cette cause se nomme ordinairement une *force ;* elle se définit par les lois auxquelles elle est soumise.

On était persuadé autrefois que les mouvements vitaux, régis par les lois connues de la physique et de la chimie, l'étaient encore par une autre loi appartenant exclusivement aux êtres organisés, ou, pour mieux dire, qu'ils étaient en partie produits par une force indépendante de toute loi, par une *force vitale*. La molécule organique, résultat définitif des réactions vitales, était elle-même considérée comme différente dans son essence des autres composés chimiques; on la croyait presque absolument soustraite aux lois de l'affinité; on pensait, en effet, que c'était une force exclusivement propre à l'organisme qui en rassemblait les éléments et les maintenait réunis. Mais il est démontré par les recherches les plus exactes de la chimie que ce sont les mêmes lois qui président à la constitution et aux transformations des divers composés, qu'ils soient organiques ou minéraux. Toutes les différences qui s'observent entre ces deux classes de corps sont accidentelles, relatives, et n'ont rien d'essentiel. La constitution des corps organiques n'est en rapport qu'avec les fonctions auxquelles ils sont appelés à concourir dans l'organisme vivant. Les propriétés des molécules qui doivent servir de points d'application aux forces qui agissent dans le corps vivant sont toujours en harmonie avec les fonctions dont l'objet est d'atteindre les différents buts de la vie. La chimie animale, l'étude des liquides et des tissus de l'organisme, nous ont fourni les preuves les plus évidentes de cette vérité.

Les molécules organiques ont une constitution différente de celle des molécules inorganiques, bien que

les mêmes lois président à leur formation; elles sont susceptibles d'éprouver des transformations bien plus variées; le résultat de l'action des forces physiques sur ces molécules organiques est évidemment différent de celui que les mêmes forces détermineraient sur les composés minéraux dont la constitution est beaucoup plus simple. Nous verrons donc nécessairement se produire dans l'organisme animal une foule de phénomènes qui ne se manifestent point en dehors de lui, parce que les principes immédiats du corps présentent aux forces physiques des points d'application tout à fait différents. Une étude plus approfondie des phénomènes vitaux, faite à ce point de vue, nous révèlera l'existence de rapports extrêmement simples entre ces phénomènes et certaines lois physiques connues; elle nous apprendra que le caractère particulier que présentent les phénomènes vitaux ne résulte presque toujours que de différences dans le mode de groupement des éléments et de la complication d'un grand nombre de conditions.

Très souvent, il est vrai, nous ne pouvons saisir les rapports de causalité physique que présentent certaines réactions vitales; toutefois ce n'est point là une raison suffisante pour recourir à l'hypothèse d'une force vitale; la physique et la chimie ont fait assurément des progrès considérables, mais les parties qui traitent des forces moléculaires, de leurs nombreuses modifications suivant les diverses circonstances et les variations dans les rapports des masses, sont précisément celles qui offrent le plus de lacunes. Nous ne sommes pas même encore en état d'expliquer tous les phénomènes qui en découlent

dans le monde minéral, et par conséquent de nous faire une idée de la liaison qui existe entre les causes de ces divers phénomènes.

Or, il est un principe consacré dans les sciences physiques, c'est qu'on n'est autorisé à admettre une force nouvelle, une cause générale pour expliquer un ensemble de phénomènes, que lorsqu'on a bien reconnu que tous ces phénomènes sont inexplicables par toutes les autres causes connues. La preuve de l'existence d'une force vitale ne serait donc acquise que si les phénomènes vitaux étaient absolument inexplicables par les forces physiques. C'est là précisément ce qu'on ne saurait affirmer, car on ne connaît pas encore complétement toutes les causes des phénomènes physiques.

L'hypothèse d'une force vitale n'est d'ailleurs rien moins que logique. Une force n'est que l'expression sommaire d'une loi dont on doit pouvoir déduire les rapports qui existent entre les causes de certains phénomènes. Or, la force vitale ne suppose aucune loi; bien au contraire, on la représente ordinairement comme ne se soumettant à aucune loi, comme un être qui agit en vue d'un certain but, et non comme la condition essentielle d'une série de phénomènes dépendant les uns des autres. L'étude de la force vitale ne saurait donc faire partie du domaine des sciences physiques; celles-ci, en effet, ne s'occupent que de la recherche des rapports qui existent entre les causes des phénomènes, tandis que la recherche du but vers lequel tendent ces phénomènes appartient à une science purement spéculative, à la métaphysique.

On a cherché à présenter l'hypothèse de la force vitale comme inévitable, et pour cela on a invoqué l'harmonie, remarquable assurément, avec laquelle la plupart des réactions vitales concourent vers un même but. Mais nous venons de voir qu'une force qui ne ferait qu'agir en vue de certains buts est un non-sens. On aurait d'ailleurs dû songer que, même dans la nature inanimée, les phénomènes soumis aux lois physiques présentent aussi un haut degré d'harmonie, tandis qu'il n'arrive que trop fréquemment que la force vitale agisse dans une direction tout à fait opposée à son but. Par exemple, la nature a été fort sage en empêchant la glace de tomber pendant l'hiver au fond des fleuves et des lacs ; s'il n'en était ainsi, ils ne tarderaient point à être pris complétement, et nous serions alors privés d'eau. Ce n'est point là l'effet d'une force vitale de notre globe ; le phénomène est tout simplement une conséquence du faible poids spécifique de la glace et de son faible pouvoir conducteur pour la chaleur. Que d'ailleurs la prétendue force vitale agisse très souvent contrairement à son but, c'est ce qu'on peut voir dans presque toutes les maladies.

On a cherché une dernière preuve de l'existence d'une force vitale dans le développement morphologique des tissus qui composent les organes des végétaux et des animaux. On regardait comme impossible que les formes organisées qui ne se prêtent point aux spéculations mathématiques, pussent être le résultat de lois physiques. Mais n'est-ce point la chaleur, par exemple, qui dispose tout d'abord l'œuf à se développer? Dans l'œuf préexistent les conditions dans lesquelles la force physique de

la chaleur, dont les effets sont si variés, détermine les transformations chimiques, d'où résultent les transformations morphologiques. Qui eût soupçonné dans le bichromate d'ammoniaque les conditions par suite desquelles la chaleur, lors même qu'elle n'agit que partiellement, donne à l'oxyde de chrome un volume si considérable et une forme si extraordinaire qui rappelle celle des feuilles de thé. Cette forme serait-elle accessible à l'analyse mathématique?

On a regardé aussi la durée des mouvements organiques comme une preuve de l'action d'une force vitale, parce qu'on avait cru observer que les phénomènes dépendant de forces purement chimiques n'ont qu'une durée tout à fait inappréciable. Mais nous connaissons maintenant une foule de phénomènes chimiques qui ne s'achèvent qu'au bout d'un temps plus ou moins long; rappelons seulement la décomposition des éthers composés, des corps conjugués, etc.

Ces considérations suffiront pour établir qu'il serait tout à fait contraire à l'esprit de la science d'avoir recours à l'hypothèse d'une force vitale pour expliquer les phénomènes qui se passent dans les corps vivants, et pour attribuer la succession nécessaire des phénomènes à une cause qui ne serait soumise à aucune loi. Dans la chimie physiologique, comme partout ailleurs, expliquer un fait, c'est le ramener à des lois physiques bien établies. Du moment que la chimie physiologique admettrait une force vitale, elle abdiquerait son rang parmi les sciences exactes. Si quelque part les phénomènes sont compliqués, c'est bien dans le corps vivant; c'est donc là aussi

qu'il sera le plus difficile de découvrir les lois. Sans doute nous ne pouvons souvent nous rattacher qu'à ce seul principe que les lois des mouvements moléculaires sont aussi immuables que celles de la gravitation des corps célestes; mais celui-là même qui, d'après des impressions propres, se ferait une idée quelconque de la force vitale, doit être convaincu que les lois de la nature subsistent dans l'organisme aussi bien que dans la nature morte; que, par conséquent, toute investigation, toute explication relative aux phénomènes de la vie animale devient impossible sans l'application des lois physiques.

112. Précédemment, en étudiant individuellement chacun des facteurs des métamorphoses de l'organisme, nous avons indiqué le rôle qu'ils jouent dans telle ou telle fonction de l'économie; mais alors nous ne faisions que rassembler les matériaux devant servir de base à une théorie générale, ainsi que les données nécessaires pour expliquer dans leur ensemble les causes des phénomènes. Nous ne pouvons rattacher une semblable théorie générale à l'histoire des substances qui composent l'organisme qu'en fixant d'abord notre attention sur les véritables agents des *transmutations de l'organisme*, et en examinant les transformations que ces agents y subissent pendant l'accomplissement de leurs fonctions. Nous aurions donc à réunir dans une étude commune toutes les réactions où interviennent les différents facteurs chimiques, pour subir eux-mêmes de nombreuses modifications, en vertu desquelles ils finissent par être rejetés dans le domaine du monde extérieur.

Cette étude exige non-seulement la connaissance exacte de la nature et de la constitution chimique des substances qui composent l'organisme, mais encore celle des lois des mouvements moléculaires. Malheureusement, sous ce double rapport, nous sommes encore extrêmement arriérés; on a vu plus haut combien l'histoire des principes immédiats les plus importants, celle des matières albuminoïdes, présente encore de lacunes; les lois qui régissent les mouvements moléculaires nous sont également si peu connues, que les explications des phénomènes nous seront souvent impossibles, et que nous ne pourrons les rattacher à aucune loi physique démontrée.

D'autre part, nous aurons à étudier les relations qui existent entre certaines réactions, afin d'acquérir des vues d'ensemble sur des fonctions vitales d'une importance générale. Cette partie de nos recherches s'appuiera particulièrement sur l'histoire chimique des liquides; nous aurons à suivre d'abord, dans leurs périodes successives et dans leur causalité, toutes les réactions qui se rapportent à la *digestion* et à l'*absorption* des aliments. Nous examinerons, à ce propos, l'influence réciproque des aliments et des sucs digestifs, ainsi que les conditions dans lesquelles les matières digérées vont se mêler à la masse générale du liquide nourricier.

Après la digestion qui fournit à l'organisme les matériaux dont il a besoin pour l'accomplissement des divers actes vitaux, vient une fonction sans laquelle les produits de la digestion, le chyle et le sang, ne pourraient trouver un emploi ultérieur: c'est la *respiration;*

fonction si éminemment nécessaire à tous les actes vitaux, qu'ils s'arrêtent dès qu'elle est suspendue un seul instant. Sans l'avoir d'abord approfondie, nous ne pourrions guère comprendre la *nutrition* ni la formation des tissus, des excrétions et des sécrétions. Nous terminerons donc cette troisième partie par l'étude des réactions qui, avec la digestion et la respiration, contribuent à l'entretien de la vie.

Transmutations de l'organisme.

113. Lorsqu'on considère les matières dont la nature fait usage pour obtenir, dans l'organisme vivant, les résultats les plus variés, on est surpris de l'admirable simplicité des moyens et des forces qu'elle emploie. En effet, il n'y a que quatre groupes de substances en jeu dans les phénomènes vitaux : les corps albuminoïdes et leurs dérivés, les matières grasses, les hydrates de carbone et les sels minéraux.

On sait quelle extrême analogie les termes d'un même groupe présentent, sous plus d'un rapport, dans leur manière d'être. Mais ce n'est pas seulement cette analogie, et la facilité avec laquelle les termes d'un même groupe se transforment les uns dans les autres, qui rend la molécule organique si merveilleusement propre à l'accomplissement des fonctions vitales ; ce sont encore les rapports particuliers qui existent entre des termes appartenant à des groupes différents. Des faits nombreux démontrent que les corps albuminoïdes sont susceptibles de se transformer dans l'organisme aussi bien en ma-

tières grasses qu'en sucre et en d'autres produits; d'autres faits établissent que les hydrates de carbone peuvent également se transformer en matières grasses. Il serait possible que ces trois groupes de substances animales présentassent des rapports de constitution analogues à ceux qui lient entre eux les acides gras, les éthers, les ammoniaques composées.

A la vérité, nous ne connaissons pas toutes les forces moléculaires qui interviennent dans les transformations que ces corps subissent pour concourir à l'accomplissement des phénomènes vitaux; toutefois, d'après leur constitution, leur homologie, et d'après les rapports intimes qui existent même entre des corps appartenant à des groupes différents, nous pouvons conclure que la quantité de force dépensée pour produire ces mouvements moléculaires doit être peu considérable. Les corps albuminoïdes, si semblables entre eux, de combien de manières différentes n'entrent-ils pas en jeu dans le mécanisme de l'organisation! A quelles fins diverses ne concourent pas les matières grasses, ces substances qui, parmi tous les principes de l'économie, présentent les rapports d'homologie les plus frappants! Les hydrates de carbone qui, dans un examen superficiel, ne semblent apparaître dans l'organisme que pour y être détruits, subissent les transformations, les dédoublements les plus variés, et deviennent alors, sous de nouvelles formes, des agents actifs dans les phénomènes vitaux. La potasse et la soude enfin, que le chimiste a tant de peine à séparer et qui ailleurs semblent faites pour se remplacer mutuellement, sont employées pour déterminer les oppositions les plus

tranchées, tandis que le plus volatil, le plus faible de tous les acides, l'acide carbonique, est appelé, dans certaines conditions, à remplir le même but que l'un des acides les plus énergiques, que l'acide phosphorique. Le phosphate de soude, de son côté, tantôt fonctionne comme une base puissante, tantôt avec le concours de l'acide carbonique, joue lui-même le rôle d'un acide. Il faut réellement admirer combien est petite la force que dépense la nature pour faire servir des principes si peu nombreux aux fins si variées qu'elle veut atteindre.

114. Il suffit d'un moment de réflexion pour reconnaître que l'*albumine* doit être l'un des principes les plus importants de l'organisme ; elle existe, en effet, en très grande quantité dans le sang et dans tous les autres liquides destinés à la nutrition des organes. En examinant avec attention certains tissus, on remarque que l'albumine n'a besoin d'éprouver que de très faibles modifications pour se concréter et affecter les formes les plus variées : tantôt elle constitue la globuline de l'humeur du cristallin ; tantôt, comme syntonine, elle forme l'élément principal du tissu musculaire, le seul intermédiaire par lequel s'exécutent les mouvements volontaires et involontaires. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'albumine existe sous forme soluble ou insoluble dans le tissu le plus ténu et le plus complexe, dans la matière nerveuse, qui est, en quelque sorte, l'agent le plus puissant de la vie animale.

Malheureusement, l'ignorance complète où nous sommes, quant à la constitution théorique de ces corps, permet à peine d'entrevoir en quoi consistent les trans-

formations de l'albumine en globuline, syntonine, etc.; on ne s'explique pas davantage ce qui rend ces substances particulièrement aptes à des fonctions vitales si multiples et si importantes.

Le germe vital est déposé dans un liquide riche en albumine et en caséine; il tire de ce liquide les substances nécessaires à son développement. Le nourrisson trouve dans le lait un aliment qui, outre le sucre et la graisse, contient de la caséine, corps albuminoïde riche en matières salines. Il en résulte qu'à une époque où le corps a besoin de recevoir de l'extérieur le plus de matériaux pour la formation des tissus, il ne lui arrive, à part les substances non azotées, que de la matière albuminoïde: c'est donc aux dépens de cette matière que devront se former le tissu cellulaire, le tissu élastique; en un mot, tous les tissus azotés (donnant de la gélatine) non albumineux. D'ailleurs les herbivores ne trouvent dans leur nourriture aucune matière capable de se transformer en gélatine par l'eau bouillante; ils n'y rencontrent que des principes non azotés et des composés albuminoïdes.

Il n'est donc pas douteux que les substances constitutives de tous les tissus solides ne dérivent de la caséine et de l'albumine. Ces tissus étant en moyenne beaucoup plus riches en oxygène que les corps albuminoïdes, il devient plus que probable que c'est l'oxygène introduit dans le sang par la voie des poumons, qui détermine les transformations des composés albuminoïdes en tissus. Nous connaissons trop imparfaitement encore les différentes phases de ces transformations et les différents produits intermédiaires, pour pouvoir tenter de repré-

senter toutes ces métamorphoses par des équations chimiques.

On a des raisons pour croire que l'albumine se transforme en fibrine avant de servir à la production des tissus susceptibles de donner de la gélatine, et que ceux-ci, avant d'être en cet état, sont d'abord formés d'une matière donnant de la chondrine ou du mucus (comme le tissu cellulaire du fœtus) ; mais ce ne sont là encore que des suppositions. Lors même que nous connaîtrions d'une manière complète l'histoire chimique de toutes ces substances, notre ignorance des conditions précises, dans lesquelles s'effectue la formation des tissus, nous empêcherait toujours de fixer notre choix sur l'une ou l'autre combinaison de formules, parmi toutes celles qui pourraient représenter le phénomène. On ne saurait, en effet, admettre *à priori* que la formule la plus simple soit toujours la plus vraie. Comme aucune cellule, aucune fibre ne paraît se produire sans l'intervention de certaines matières grasses ou salines, il est probable que celles-ci doivent figurer dans les équations dont nous parlons. Pour certains principes et pour les acides azotés de la bile, il est même presque certain qu'ils ne dérivent pas uniquement des matières albuminoïdes, mais que les agents non-azotés de l'économie concourent à les former. Dans toutes les tentatives qu'on peut faire pour expliquer la production et les transformations des principes azotés de l'organisme, on reste toujours renfermé dans un cercle de possibilités et de probabilités, sans jamais trouver la base certaine d'une théorie. Tout ce qu'on peut affirmer, en se fondant sur l'analyse élémentaire

de ces substances et sur l'étude comparative des transmutations, c'est que les différentes phases par lesquelles passe la molécule azotée sont subordonnées à l'influence de l'oxygène respiré, et que c'est cette influence qui, se manifestant dans les conditions les plus diverses, détermine les transformations les plus variées de la molécule de l'albumine, de manière à la faire rejeter définitivement sous forme d'urée ou d'autres matières analogues.

115. Nous avons déjà parlé des réactions chimiques des *matières grasses*, au point de vue physiologique. Ces substances sont, pour la plupart, apportées du dehors; nous avons vu qu'elles sont rendues absorbables dans le canal intestinal, principalement par l'intermédiaire de la bile. Il paraît d'ailleurs que la présence d'une petite quantité de matière grasse est nécessaire aux transformations qu'éprouvent les aliments, surtout les aliments azotés, dans l'estomac et dans les intestins. La graisse, une fois introduite dans le sang, subit elle-même des modifications, dont la nature dépend des fonctions qu'elle est destinée à remplir. Généralement, dans ces transformations des matières grasses, on observe la séparation de la glycérine et l'oxydation lente des acides gras mis en liberté. On ne sait pas si la décomposition des matières grasses neutres est due à l'alcali du sang ou à l'influence de quelque ferment particulier; on ignore également par quelles gradations successives passent les acides gras d'un poids atomique élevé, c'est-à-dire très hydrocarbonés, pour se transformer en acides gras d'un poids atomique plus faible ou moins hydrocarbonés. Le résul-

tat final est toujours que les matières grasses, après avoir traversé le corps, disparaissent entièrement sous forme d'eau et d'acide carbonique, ou qu'elles sont rejetées par la transpiration à l'état d'acides formique, acétique et butyrique. Par suite de leur oxydation plus ou moins rapide et de leur faible teneur en oxygène, les matières grasses doivent contribuer plus que toutes les autres substances à l'entretien de la chaleur animale; c'est pourquoi on les a désignées quelquefois, par opposition aux matières alimentaires azotées, sous le nom d'*agents de respiration*. En traitant de la respiration, nous aurons à revenir sur la mesure des quantités de chaleur qu'elles dégagent par la combustion.

Toutefois l'oxydation des matières grasses dans le corps n'est pas aussi prompte qu'on pourrait le croire au premier abord : elle est loin d'égaler en rapidité l'oxydation qu'éprouvent d'autres matières non azotées, telles que l'acide lactique, l'acide citrique, l'acide malique, etc. Parmi les substances combustibles, les matières grasses sont précisément celles qui résistent le plus énergiquement et le plus longtemps à l'action de l'oxygène; toutes les fois, en effet, qu'il en arrive dans l'organisme des quantités un peu considérables, il s'en dépose dans des cellules particulières du tissu cellulaire. D'après des expériences exactes, une grande accumulation de graisse dans le corps détermine toujours la formation de nouvelles cellules; l'accumulation des matières grasses exige donc le concours des substances albuminoïdes, pour la formation des cellules destinées à loger la graisse.

Il paraît aussi que, dans le cas de surabondance de

graisse et de défaut de matière albuminoïde, c'est aux dépens de la substance même de la fibre musculaire que se forment les enveloppes albuminoïdes, où vient se déposer la graisse.

De même que la formation d'un dépôt de graisse appelle le concours des matières albuminoïdes, de même les matières grasses paraissent prendre part à la formation des cellules et des tissus. On a même imaginé une théorie d'après laquelle le point de départ de toute cellule serait une gouttelette de graisse, autour de laquelle viendrait se déposer une mince couche de matière albuminoïde. Il est certain que dans tous les organes riches en cellules, dans tous les tissus en voie de formation, on rencontre des quantités de graisse plus ou moins considérables. Ainsi on en trouve dans le pus, dans le cancer à cellules; les racines des cheveux, où s'opère un développement abondant de cellules, sont comme implantées dans des follicules sébacés. Le chyle, où l'on peut suivre toutes les périodes du développement des globules, le vitellus qui entoure le germe de l'œuf, contiennent beaucoup de matière grasse. Dans les fibrilles musculaires du fœtus, on distingue également beaucoup de gouttelettes de graisse, etc. L'opinion d'après laquelle les matières grasses seraient des agents essentiels dans la formation des cellules, n'est donc pas dépourvue de fondement; toutefois, il est impossible d'en donner une démonstration scientifique, faute d'expériences sur les rapports qui existent entre la constitution chimique de la graisse et celle des matières qui composent les cellules où elle est déposée.

La présence de corps gras particuliers dans les fibres nerveuses indique clairement que les matières grasses ne jouent pas seulement, dans l'économie, le rôle de principes combustibles; il est probable qu'elles interviennent aussi dans les fonctions des nerfs et qu'elles éprouvent alors certaines transformations, auxquelles leurs propriétés chimiques les rendent éminemment aptes. En effet, les matières grasses des nerfs se distinguent des autres corps gras par leurs propriétés, par leur point de fusion et leur point de solidification, qui ne sont pas les mêmes, ce qui indique bien qu'elles appartiennent à des périodes différentes de transformation. Ajoutons à cela que lorsque la graisse a disparu de la presque totalité des organes, elle n'en persiste pas moins dans la masse nerveuse; ce qui indique évidemment qu'elle est indispensable pour les fonctions du système nerveux. Cependant on ne connaît pas encore bien toutes les matières grasses du tissu nerveux; aussi peut-on à peine entrevoir les réactions chimiques qu'elles éprouvent par l'action nerveuse.

Nous avons déjà exposé, dans la première partie, les raisons qui rendent probable l'intervention des matières grasses, notamment de l'acide oléique, dans la formation des acides résineux de la bile (page 34). On ne possède pas, d'ailleurs, de données plus précises relativement à ce rôle.

116. Abordons maintenant une question dont la solution intéresse au plus haut degré la théorie des transmutations de l'organisme : c'est la question de savoir si, dans l'organisme, il peut se produire de la graisse aux

dépens d'autres substances, c'est-à-dire aux dépens des matières albuminoïdes ou des hydrates de carbone. Nous avons dit (page 46), en nous fondant sur des observations statistiques, que l'économie doit posséder cette faculté. On admet généralement que la graisse, engendrée dans l'organisme, dérive directement des hydrates de carbone contenus dans les aliments. Toutefois, plusieurs faits semblent indiquer que les matières albuminoïdes peuvent aussi, en se décomposant, donner naissance à de la graisse, en même temps qu'à des produits azotés.

Il est vrai qu'on n'est pas encore parvenu à opérer cette transformation par des procédés chimiques ; cependant les faits connus ne sont pas en contradiction avec la possibilité de l'effectuer, car, dans des circonstances favorables, la fibrine, la caséine, etc., se transforment en sels ammoniacaux et en acides gras volatils.

Les observations qu'on a faites sur la formation de l'adipocire paraissent indiquer que la substance musculaire se transforme simplement en savon ammoniacal. On sait d'ailleurs que, dans les muscles paralysés, la substance des fibrilles disparaît, pour être remplacée par un dépôt de graisse.

Dans les tissus malades, notamment à la suite de réactions inflammatoires, on voit fréquemment apparaître des granules de matière grasse qui remplissent et entourent les débris des cellules vidées (*dégénérescence adipeuse*).

Voici d'autres faits. On a introduit, dans la cavité stomacale d'animaux vivants, des matières animales pauvres en graisse, telles que des cristallins, des blancs

d'œufs : après quatre à huit semaines, ces matières avaient diminué ; mais la proportion des matières grasses avait augmenté, celle des matières albuminoïdes était devenue plus faible. Ces faits, à la vérité, rendent probable la transformation de la matière albuminoïde en matière grasse ; toutefois, il se pourrait que la matière grasse provînt d'une infiltration et se fût déposée de la masse générale des liquides dans le vide causé par la résorption de la matière albuminoïde : on voit, en effet, une graisse huileuse se déposer dans les pores élargis du tissu osseux, chez les malades affectés d'une raréfaction de ce tissu. D'autres expériences ont montré que lorsqu'on introduit, dans l'organisme, des matières albuminoïdes enduites de collodion, de gutta-percha, ou enfermées dans des tubes de verre, elles ne se transforment pas en matière grasse, tandis que des substances non albumineuses, telles que des fragments d'os, du bois, de la moelle de sureau, en séjournant pendant quelque temps dans la cavité abdominale, s'imprègnent de graisse, et s'entourent d'une exsudation graisseuse de couleur jaunâtre.

Quelques expériences faites sur les œufs de la limnée des étangs, pendant leur développement, semblent démontrer, pendant l'évolution de l'embryon, une augmentation de graisse, provenant d'une décomposition de la matière albumineuse ; la transformation de l'albumine en graisse paraît établie au moins pour ce cas particulier. Quant à la question générale, elle demeure toujours indécise.

117. L'importance physiologique des substances appar-

tenant au groupe des *hydrates de carbone* a été longtemps méconnue, par suite de l'impossibilité où l'on s'est trouvé de les doser exactement. Quatre seulement d'entre elles se rencontrent dans l'économie : la dextrine, le sucre (glucose), le sucre de lait et l'inosite. Jamais aucune de ces substances ne constitue la base d'un tissu animal; il faut excepter, cependant, la cellulose du manteau des tuniciens. Au contraire, on les observe dans presque tous les liquides de l'économie, aussi bien dans ceux qui servent à la nutrition que dans ceux qui sont le siége de transmutations très actives. Ainsi, on a trouvé le sucre dans le sang, la lymphe, le chyle, le blanc d'œuf, le jaune d'œuf et le lait; ce qui prouve évidemment qu'il prend une part essentielle dans certaines réactions de l'économie; d'ailleurs l'importance physiologique du sucre est attestée par la nature elle-même, qui a pourvu à sa présence constante dans l'organisme, en le faisant sécréter sans cesse par le foie (voy. page 73).

Le sucre, comme les matières grasses, fait partie des agents de respiration ; il prend une part importante dans la production de la chaleur animale; en effet, il n'est pas rejeté par les excréments, mais il est brûlé dans le sang et transformé en eau et en acide carbonique. Toutefois ce n'est pas là non plus sa seule fonction ; s'il n'en avait point d'autre, on ne concevrait pas pourquoi il n'est engendré que dans le foie, aux dépens des substances azotées.

Avant son oxydation, le sucre éprouve certainement des transformations diverses qui le rendent apte à concourir à certaines réactions utiles à la vie. C'est ainsi

qu'il se transforme, en partie du moins, en acides ; une certaine quantité d'acide se forme déjà dans le tube intestinal, aux dépens du sucre résultant de la matière amylacée ; cet acide contribue, par ses propriétés dissolvantes, à l'absorption du contenu de l'intestin. Ainsi que nous l'avons déjà dit, les alcalis et les acides libres sont très diversement distribués dans l'organisme ; nous reviendrons plus loin sur l'importance de cette distribution. Si les hydrates de carbone étaient simplement brûlés dans l'économie, sans donner naissance à des acides, jamais il ne se manifesterait de réaction acide dans l'organisme des herbivores, ou ce qui revient au même, il ne s'y formerait jamais de phosphate acide. Comme les cendres végétales (excepté celles de quelques graines) ont toujours une réaction alcaline, les aliments dont se nourrissent les herbivores ne pourraient donner naissance qu'à des liquides alcalins, et l'opposition, si nécessaire à la vie animale, entre les liquides acides et les liquides alcalins, ne pourrait pas avoir lieu dans l'organisme.

Le sucre est un bon dissolvant du carbonate et du phosphate de chaux. Sans doute, c'est par son intermédiaire que le fœtus de l'oiseau emprunte à la coque de l'œuf la chaux dont il s'enrichit sans cesse. Des expériences faites sur des animaux engraissés avec du sucre, ou sur des abeilles nourries de miel débarrassé de cire, ont démontré qu'il peut se former de la graisse dans l'économie aux dépens des hydrates de carbone ; mais on ne sait ni quel est le siége de cette transformation, ni à quelle réaction elle se trouve liée. On observe, il est

vrai, fréquemment de l'acide butyrique dans le cœcum, après l'ingestion de matières féculentes; toutefois cette observation ne nous autorise pas à affirmer que le cœcum soit le siége de la production des matières grasses. On a cherché ce siége dans le foie; cette opinion paraît peu probable, elle forcerait d'admettre que le sucre formé dans cet organe aux dépens des matières albuminoïdes s'y transforme en graisse, tandis que nous le voyons sortir du foie en si grande abondance.

Le sucre prend certainement part à d'autres réactions que nous ne saurions spécifier, faute de données suffisantes.

118. Plusieurs fois déjà, nous avons insisté sur les différences des réactions que présentent les liquides nourriciers de l'économie et la plupart des sucs qui imprègnent les tissus. Les muscles, le foie, la rate, le thymus, les capsules surrénales, renferment des *acides libres*. Il paraîtrait que la présence de ces acides tient moins aux fonctions particulières des organes qu'aux fibres musculaires lisses qui s'y rencontrent toujours; il est certain, dans tous les cas, que les organes qui contiennent la plus grande quantité d'acide libre, sont précisément ceux où l'on trouve le plus de fibres musculaires.

L'expérience prouve que les acides libres n'apparaissent dans les muscles que lorsque ceux-ci sont en activité ou qu'ils l'ont été récemment. Il se pourrait donc que ces acides provinssent de l'usure, c'est-à-dire de la décomposition de la substance musculaire. Leur présence dans le suc parenchymateux entraîne nécessairement certaines conditions physiques et chimiques. Peut-

être l'opposition de propriétés que nous avons signalée détermine-t-elle certains *phénomènes de polarité* en harmonie avec les fonctions mêmes des organes. Peut-être aussi en résulte-t-il des courants de matière liquide dirigés dans diverses directions ; les connaissances que nous possédons sur les lois de diffusion sont malheureusement trop restreintes pour qu'il nous soit possible de hasarder autre chose que des hypothèses ; ces lois ne sont pas assez connues pour servir à l'explication des mouvements moléculaires dont nous parlons.

La présence de l'acide lactique libre dans les organes, composés de muscles et de cellules fibreuses, a pour conséquence la formation de *phosphates acides ;* dans toutes ces parties, les phosphates sont contenus en proportions plus considérables que dans les liquides alcalins. Cette abondance des phosphates acides peut provenir, soit de ce que les phosphates des corps albuminoïdes non décomposés sont partiellement enlevés par les acides libres, soit de ce que dans la décomposition de la fibre musculaire les phosphates se séparent des matières albuminoïdes et se trouvent ainsi mis en liberté. Cependant, certaines causes de diffusion encore inconnues concourent évidemment aussi à produire cette accumulation des phosphates, dans le liquide musculaire plutôt que dans le sérum du sang ; on ne se l'expliquerait pas autrement.

Il est aussi à noter que l'acide lactique libre et les phosphates acides sont toujours accompagnés de *sels de potasse*, tandis que, dans le sérum, ce sont les sels de soude qui prédominent. Si l'on ne savait pas, par des

expériences récentes, que des combinaisons chimiques très énergiques peuvent être décomposées par l'effet de la diffusion, et que les équivalents de diffusion des sels de potasse et des sels de soude sont assez différents, on oserait à peine attribuer à des causes physiques cette remarquable séparation des sels de potasse et des sels de soude. Nous ne connaissons pas encore les lois de ces courants de diffusion, pour nous en servir dans l'appréciation de ces phénomènes, mais nous savons, cependant, qu'il existe de semblables lois, d'où dépend cette distribution particulière des principes minéraux.

Mais si nous manquons d'explications, c'est-à-dire de lois suffisamment étudiées et constatées, nous devons nous en tenir d'autant plus étroitement aux faits, afin d'acquérir pour l'avenir un point de départ plus sûr pour l'application de ces lois. Ainsi, comme nous l'avons vu plus haut, on rencontre des oppositions semblables à celles qui existent entre les sucs musculaires et le sérum, quand on compare le jaune et le blanc de l'œuf, le contenu des globules du sang et le liquide intercellulaire. Il est vrai qu'on n'a pu constater la présence d'acides libres, ni dans le vitellus, ni dans le contenu des globules, mais l'un et l'autre fournissent des cendres rendues fortement acides par la présence de phosphates acides. Certaines réactions semblent indiquer la présence de phosphates conjugués ; on ne connaît jusqu'ici qu'une seule combinaison de ce genre, l'acide phosphoglycérique ; il serait possible cependant qu'il en existât d'autres dans l'économie, notamment dans les organes qui, à l'incinération, donnent des phosphates acides ou

de l'acide métaphosphorique. Dans cette catégorie se rangent, par exemple, la plupart des principes immédiats des tissus; leurs cendres donnent, pour un équivalent d'acide phosphorique, un seul équivalent de base: nouvel argument en faveur de l'hypothèse exprimée plus haut (page 287), que les phosphates prennent part à la formation des cellules et des tissus.

Il paraît, du reste, que ce ne sont pas seulement les causes de diffusion qui déterminent une accumulation de phosphates et de sels de potasse dans les muscles, mais que certaines conditions chimiques retiennent aussi l'acide phosphorique dans ces organes. En effet, dans les muscles des herbivores, on ne trouve pas moins de phosphates et de potasse que dans ceux des carnivores; au contraire, dans le sérum des herbivores on ne rencontre que des traces de phosphates, tandis que, dans le sérum des carnivores, on en observe des proportions qui varient avec la quantité de matière animale ingérée.

119. Tandis qu'on ne peut faire que des hypothèses sur les fonctions que remplissent les acides libres ou les phosphates conjugués, dans les organes mentionnés, on peut du moins déduire quelques conséquences certaines de la présence, dans le sang, des *alcalis* libres ou engagés dans des combinaisons peu stables. On peut, en effet, affirmer avec certitude que les alcalis, dans les conditions où ils se trouvent placés dans le sang en circulation, doivent exercer une action oxydante sur un certain nombre de matières organiques. La chimie nous apprend qu'au contact de l'oxygène atmosphérique, bon nombre de matières organiques s'oxydent en présence des alca-

lis, plus rapidement au moins que sans leur concours. Ainsi certains acides organiques placés en dehors de l'économie (acides gallique et pyrogallique), lorsqu'ils sont unis à des alcalis, absorbent très rapidement l'oxygène et se décomposent; de même les lactates, tartrates, acétates, etc., à base d'alcali, injectés directement dans le sang, ou absorbés dans l'intestin, s'oxydent rapidement aux dépens de l'oxygène condensé dans le sang, et se brûlent en se convertissant en carbonates alcalins.

Faut-il s'étonner de la rapide combustion que subit le sucre dans le sang, lorsqu'on voit cette substance, en présence des alcalis, s'emparer même de l'oxygène combiné, et l'enlever à l'oxyde de cuivre et à plusieurs autres oxydes? Mais de même que, dans cette expérience, le sucre ne se transforme pas entièrement en eau et en acide carbonique, mais qu'il donne naissance à un acide plus oxygéné que lui, de même il est probable que le sucre n'est pas oxydé dans le sang tout d'une pièce; c'est du moins ce qui semble résulter de la présence, dans ce liquide, d'un acide qui dérive évidemment du sucre.

Il est bien certain aussi que les alcalis du sang, même quand ils sont à l'état de carbonate, déterminent la saponification des matières grasses. On ne peut affirmer avec la même certitude qu'avec le concours de l'oxygène dissous, ils exercent une action oxydante sur les acides gras ainsi formés; pour le moment, cependant, on ne saurait guère expliquer autrement la combustion lente des matières grasses dans l'économie.

On ne sait encore démêler la part qui revient aux

alcalis dans la conversion de l'albumine en fibrine et en tissus capables de se transformer en gélatine ou en chondrine; plusieurs faits pathologiques semblent indiquer que cette part doit être considérable.

Toutes ces transformations d'ailleurs sont subordonnées à des conditions purement chimiques et suivant des lois de proportions définies. Ce qui le prouve bien, c'est que les propriétés oxydantes du sang, bien qu'énergiques, sont cependant fort limitées. En effet, dès que les quantités de sucre ou d'acide introduites dans le sang dépassent une limite peu étendue, tout l'excès de ces matières passe inaltéré dans les excrétions. C'est pour la même raison que la salicine, par exemple, suivant certaines conditions individuelles et suivant les proportions dans lesquelles elle a été ingérée, se transforme tantôt en hydrure de salicyle, tantôt en acide salicylique.

120. Le *chlorure de sodium* lui-même, qui paraît un corps si indifférent et si stable, est un facteur important dans plus d'une réaction de l'économie. On le conçoit, si l'on considère que ce sel demeure en proportion assez constante dans la plupart des liquides de l'organisme, notamment dans le sang, quelque grande ou quelque faible qu'en soit la quantité introduite par les aliments. D'autre part, il résulte des expériences directes faites sur des animaux, qui tantôt recevaient du chlorure de sodium avec leur nourriture, tantôt n'en recevaient pas, que l'ingestion de ce sel, en quantité considérable, bien que sans influence sur le développement du système musculaire et de la graisse, procurait cependant aux ani-

maux une apparence plus prospère, et leur donnait plus de vivacité qu'ils en auraient eu s'ils n'eussent été privés de sel ; la croissance des poils surtout devenait beaucoup plus rapide. La proportion de ce sel contenue dans l'organisme est d'ailleurs si exactement réglée, que le sang la conserve même pendant l'inanition et pendant un régime absolument dépourvu de sel, de manière qu'il n'en passe pas la moindre quantité dans les excrétions.

Quelques propriétés du chlorure de sodium font comprendre, jusqu'à un certain point, le rôle qu'il joue dans les réactions de l'économie. Une solution de ce sel peut dissoudre divers composés albuminoïdes, par exemple, l'albumine et la caséine renfermant peu d'alcalis et de matières salines ; elle précipite, au contraire, le gluten et la syntonine de leurs dissolutions acides. La présence du chlorure de sodium dans le sang, dans les exsudations, etc., pourrait donc déterminer la dissolution de certaines matières albuminoïdes et le départ de certaines autres. Toutefois on n'a pas encore démontré ce genre d'action par des expériences spéciales.

Le chlorure de sodium forme avec l'urée et avec le glucose des combinaisons définies : d'où résulte que ces deux substances sont toujours accompagnées d'une certaine quantité de chlorure de sodium. Il serait possible que ce sel contribuât jusqu'à un certain point aux transformations du sucre et à la sécrétion de l'urée.

Le chlorure de sodium se décompose aussi dans l'économie. Il n'est point à dire pour cela que l'acide chlorhydrique libre qui existe dans le suc gastrique provienne plutôt du chlorure de sodium que du chlorure de cal-

cium, qui est plus facile à décomposer. Mais il est certain que dans le sang des herbivores il survient une double décomposition entre le chlorure de sodium et le carbonate de potasse des aliments; on trouve, en effet, dans ce sang, pour quatre parties de carbonates alcalins, trois parties de carbonate de soude contre une seule de carbonate de potasse, tandis que le liquide qui imprègne les muscles ne contient que du chlorure de potassium. La bile des herbivores contient presque exclusivement aussi des sels de soude ; ceux-ci sembleraient donc devoir aider la sécrétion biliaire plus que les sels de potasse. Ces résultats de l'expérience ne sont certainement pas fortuits; mais, pour le moment, il nous est impossible de les expliquer.

Le chlorure de sodium a une haute importance dans les transformations mécaniques de l'organisme. La constance des proportions qu'en renferme le sang contribue puissamment à l'absorption. Le liquide contenu dans l'intestin est très peu concentré; le sang, après l'avoir absorbé, devient plus étendu; mais les reins lui enlèvent de nouveau cet excès d'eau, en sorte que le degré de concentration du chlorure de sodium dans le sang demeure toujours à peu près le même.

Comme on trouve aussi des proportions considérables de chlorure de sodium dans les organes riches en cellules, tels que les cartilages et les poils, ainsi que dans les sécrétions et les exsudations où les cellules tendent surtout à se former, comme dans le mucus, le pus, le cancer; comme dans les cas où de semblables exsudations se produisent (comme dans la pneumonie), le chlo-

rure de sodium disparaît entièrement de l'urine, il semble que la présence du chlorure de sodium influe également sur la formation des cellules, peut-être aussi qu'il les empêche de s'organiser davantage en tissus. Nous n'avons malheureusement aucune donnée sur la nature de cette influence.

Digestion.

121. La digestion comprend l'ensemble des réactions physiques et chimiques par lesquelles les aliments sont élaborés et transformés en produits susceptibles de se mêler au sang, de réparer les pertes de l'organisme et d'entretenir les fonctions de la vie.

Pour devenir propres à se mêler à la masse générale du sang, les aliments doivent être tout d'abord amenés à l'état liquide. Les liquides ne sont pas tous également aptes à être absorbés ; la facilité plus ou moins grande avec laquelle ils le sont, loin d'être fortuite, est en rapport avec leurs autres propriétés chimiques et physiques. Aussi les substances également absorbables présentent, sous d'autres points de vue, des analogies très évidentes. Des substances analogues, également absorbables, ont toujours certaines propriétés communes, telles que le degré de solubilité, la densité de leurs dissolutions, l'équivalent endosmotique ou de diffusion, propriétés qui ont toutes entre elles les relations les plus intimes. Ces propriétés sont précisément celles dont dépend le plus directement l'absorption des diverses substances par les parois de l'intestin ; on peut dire que l'absorp-

tion n'est autre chose qu'une fonction des éléments mécaniques cités.

Les divers phénomènes d'attraction entre solides et liquides ne peuvent encore être discutés mathématiquement; on ignore même les conditions qui les régissent. On ne saurait donc tenter d'expliquer d'une manière complète le phénomène de l'absorption; car expliquer un fait, c'est montrer comment il découle de certaines lois, et l'explication est impossible lorsque ces lois sont encore inconnues. Nous serons donc provisoirement obligé de nous borner à apprécier d'une manière générale les phénomènes d'absorption d'après des analogies physiques, persuadé que nous sommes que l'absorption dépend uniquement de conditions physiques.

L'aptitude des diverses substances a être absorbées dépend d'un ensemble de propriétés qui sont solidaires; il en est de même de leur manière d'être avec les agents par lesquels s'opère la digestion, c'est-à-dire avec les sucs digestifs. Les propriétés chimiques et les propriétés physiques ne sont en aucune façon aussi indépendantes les unes des autres qu'on se l'est imaginé en général; beaucoup d'expériences modernes ont montré les liens qui les rattachent: aussi on ne saurait établir entre elles une démarcation tranchée. On sait combien les propriétés physiques exercent d'influence sur les propriétés chimiques, et réciproquement; ce n'est donc point un paradoxe que de dire que l'aptitude d'une substance à être absorbée, aussi bien que sa manière d'être vis-à-vis des sucs digestifs, dépend de ses qualités fondamentales, et d'en conclure qu'*il existe des rapports définis entre*

la facilité avec laquelle une substance peut être absorbée et les réactions qu'elle présente avec les sucs digestifs.

Or, si le rôle d'une substance, au point de vue de la digestion, dépend de certaines d'entre ses qualités fondamentales, nous devrons, dans une étude scientifique de cette fonction, classer les aliments non d'après leur but physiologique, non d'après l'effet utile ou nuisible qu'ils peuvent avoir, mais d'après les analogies de leurs qualités fondamentales : ce sera là le seul moyen d'arriver à la connaissance scientifique de la fonction dans son ensemble.

122. Nous considérerons donc la digestion (dans l'acception plus restreinte de ce mot) comme inséparable de l'absorption ; aussi, avant d'aborder l'étude des aliments et des modifications qu'ils éprouvent dans le canal digestif, aurons-nous à rappeler d'abord *certaines conditions mécaniques de l'absorption.*

L'établissement d'un courant d'endosmose, dirigé de l'intérieur de la cavité intestinale vers la masse générale du sang, est singulièrement favorisé par les conditions suivantes. La solution des matières qui se trouvent dans l'intestin est très étendue, soit parce que les matières ingérées, comme les composés albuminoïdes et l'amidon, ne passent que fort lentement à l'état soluble, soit parce que les sucs digestifs qui affluent dans l'intestin sont extrêmement aqueux et très pauvres en principes solides. L'endosmose de ces liquides très dilués est facilitée encore par la concentration du sang, qui est plus grande que la concentration de tout autre liquide de l'économie. L'ingestion de grandes quantités d'eau troublerait bien-

tôt ces rapports, si le degré de concentration du sang n'était maintenu à peu près constant par le jeu de certains mécanismes, qui séparent du sang l'excès d'eau, c'est-à-dire par le poumon, par la peau et par les reins.

Une autre circonstance qui favorise le passage des sucs intestinaux dans le sang, c'est le mouvement continu de ce liquide dans les capillaires. A peine étendu par l'arrivée de ces sucs, le sang est poussé dans les grandes veines et remplacé par du sang plus concentré.

Cette absorption se trouve également facilitée par les réactions opposées du sang et du contenu de l'intestin : ce dernier est acide dans l'état normal, le sang au contraire est alcalin ; on sait d'ailleurs que la présence des acides libres favorise le courant d'exosmose, tandis que celle des alcalis le diminue.

Malgré cet ensemble de conditions favorables, il est de nombreuses substances qui, bien que dissoutes dans le liquide intestinal, ne peuvent pénétrer qu'avec une extrême difficulté dans les capillaires des intestins, ou même s'y refusent absolument. Tantôt ces substances sont par elles-mêmes impropres à l'endosmose et ont besoin d'être préalablement modifiées par les sucs digestifs avant de pouvoir être absorbées ; tantôt elles exigent l'intervention d'autres causes mécaniques qui déterminent leur passage dans la masse générale du sang. Les sucs digestifs, en effet, ne servent pas uniquement à faire passer les aliments à l'état liquide ; mais ils changent aussi leurs propriétés de manière à les rendre plus propres à ces mouvements moléculaires qu'on comprend sous le nom de diffusion. Le sang, d'ailleurs, n'est pas

séparé du contenu de l'intestin par une membrane unique, mais bien par plusieurs membranes superposées, entre lesquelles se trouvent encore des couches de tissu cellulaire; le passage des liquides se trouve ainsi ralenti jusqu'à un certain point, notamment quand ils contiennent des substances telles que la gomme et l'albumine qui se prêtent difficilement à la diffusion.

Aussi l'organisme renferme un appareil spécial destiné à faciliter le passage, dans le sang, de ces substances non diffusibles : c'est l'appareil des *vaisseaux chylifères*. On ne connaît pas bien encore le mécanisme de l'absorption par ces vaisseaux. Toutes les expériences qu'on a tentées pour l'éclaircir se rapportent plutôt à la marche des liquides déjà parvenus dans les premières ramifications des chylifères. Les contractions des villosités intestinales, produites par les fibres musculaires dont elles se composent, ont évidemment pour effet de pousser en avant les liquides contenus dans les chylifères, tandis que les valvules dont ceux-ci sont pourvus empêchent les liquides de rétrograder. Mais il est impossible d'expliquer comment se remplissent les toutes petites ramifications des vaisseaux lymphatiques, et comment il arrive que certaines substances, au lieu de pénétrer dans les capillaires des vaisseaux sanguins près desquelles elles passent, arrivent jusque dans les extrémités des chylifères. Sans doute une membrane peut être perméable à tel liquide plutôt qu'à tel autre (le caoutchouc, par exemple, est perméable à l'alcool, mais non à l'eau); mais il n'est rien moins que démontré que les parois des vaisseaux sanguins et des vaisseaux chylifères soient,

pour ainsi dire, des espèces de cribles qui permettent le passage de telle substance et arrêtent le passage de telle autre.

123. Nous avons à chercher actuellement quelles sont les matières qui passent directement de l'intestin dans le sang, quelles sont les substances qui n'y parviennent que par l'intermédiaire des vaisseaux chylifères, et quelles sont les qualités fondamentales qui distinguent les premières des secondes. On a proposé deux méthodes expérimentales pour résoudre la première partie de la question. L'une consiste à introduire la substance à étudier dans l'intestin ou dans une anse isolée par des ligatures, après avoir préalablement établi une autre ligature au canal thoracique ou au tronc chylifère qui part de cette anse. On choisit, pour ces expériences, des matières dont la présence dans le sang puisse être reconnue aisément par les réactifs chimiques, ou qui produisent des effets toxiques assez tranchés pour permettre d'en conclure si le passage de ces matières dans la masse générale des liquides a eu lieu ou non.

D'après la seconde méthode, on cherche la substance dans le sang, surtout dans celui de la veine porte et dans le chyle, peu de temps après l'avoir introduite dans le tube intestinal. Quand la substance se montre au bout d'un temps très court dans le sang, dans l'urine, ou dans l'air expiré, on conclut qu'elle a été absorbée directement par les capillaires de l'intestin.

Quelles sont, d'après ces expériences, les matières capables d'être absorbées directement, et sans éprouver de transformation chimique, par les capillaires de l'es-

tomac et de l'intestin ? En première ligne, il faut nommer quelques sels neutres à base d'alcali dont l'acide a peu de tendance à s'unir aux matières contenues dans l'intestin ; puis viennent certains acides organiques et minéraux, les alcools et les éthers, la plupart des huiles volatiles, un grand nombre d'alcaloïdes fixes ou volatils, enfin beaucoup de matières colorantes peu étudiées.

Il est difficile, même impossible pour l'instant, de découvrir dans ces substances si diverses une propriété commune, à laquelle on puisse attribuer la facilité avec laquelle elles sont absorbées par les capillaires ; évidemment elles ne la doivent pas simplement à leur solubilité, car d'autres substances très solubles, telles que la gomme, la teinture de curcuma, etc., ne sont en général pas absorbées. Malheureusement le degré de diffusibilité des substances précédentes a été si peu étudié, qu'il est impossible de rien préjuger quant aux phénomènes qui en dépendent. Toutefois il est probable que ce sont précisément les substances qu'on a regardées jusqu'ici comme se diffusant le plus aisément, qui s'absorbent par les capillaires, tandis que celles qui se diffusent avec plus de peine prennent leur route par les chylifères pour pénétrer dans le sang.

124. A défaut de données certaines sur les propriétés physiques des matières alimentaires, nous classerons ces substances d'après leur composition chimique, et nous nous occuperons tout d'abord des *hydrates de carbone*.

Le premier des corps de ce groupe sur lequel doit se fixer notre attention, c'est le *glucose* ou sucre mamelonné, tant parce qu'il existe tout formé dans un grand

nombre d'aliments, que parce que la plupart des autres hydrates de carbone se transforment en glucose avant d'être absorbés et de subir des métamorphoses ultérieures.

Quand on fait pénétrer par la bouche de grandes quantités de sucre dans le canal digestif, ce sucre, d'après des expériences directes, se répand rapidement (dans l'espace d'une heure) sur une grande longueur de ce canal, et arrive en général jusqu'au cœcum. On trouve alors, dans l'intestin grêle, une heure environ après l'ingestion, une dissolution étendue, parfois tout à fait limpide de sucre, qui disparaît de l'intestin plus ou moins rapidement, suivant son degré de concentration.

En général, l'absorption du sucre ne s'effectue que très lentement; d'où résulte qu'on ne le rencontre que rarement en quantités appréciables dans le chyle et dans le sang de la veine porte. La quantité de sucre absorbé n'est d'ailleurs pas proportionnelle à la quantité de sucre brûlé dans le sang; après une ingestion abondante, la proportion du sucre contenu dans le sang peut s'élever jusqu'à 0,6 pour 100, mais l'excédant est enlevé par les reins et rejeté avec les urines.

De l'augmentation du sucre dans le sang, après l'ingestion de cette substance, on peut déjà conclure que la majeure partie en est absorbée sans éprouver aucune transformation; une portion cependant de ce sucre se transforme toujours en acides. Après l'ingestion du sucre, le contenu du duodénum et du jéjunum possède toujours une réaction acide assez forte; dans l'iléum, cette réaction est moins prononcée. Elle est

due à la formation d'une certaine quantité d'acide lactique. Le contenu du cœcum est aussi très acide; mais on y trouve peu d'acide lactique, et, au contraire, beaucoup d'acide butyrique.

La fermentation lactique qui s'opère dans l'intestin grêle paraît être déterminée par la présence de la bile ou du suc pancréatique, plutôt que par celle du suc ou du mucus intestinal; en effet, si l'on introduit du sucre dans une anse intestinale, vidée et nettoyée, on le trouve absorbé au bout d'un certain temps, sans qu'on observe aucune réaction acide.

Nous avons dit qu'on peut conclure de la rapidité avec laquelle le sucre apparaît dans le sang, après avoir été introduit dans l'intestin (une heure et demie ou deux heures après ce moment), que le sucre est, pour la majeure partie, absorbé directement par les capillaires des veines. Il ne faudrait pas croire que pour cette raison l'accès des vaisseaux chylifères lui soit interdit; on trouve toujours, en effet, de petites quantités de sucre dans le chyle, après une ingestion abondante de cette substance.

D'après quelles lois s'effectue l'absorption du sucre dans l'intestin? Avant de répondre à cette question, nous devons rappeler que le sucre se diffuse environ moitié moins vite que le chlorure de sodium; pour 58,7 parties de chlorure de sodium diffusé, il n'y en a, toutes choses égales d'ailleurs, que 26,6 de sucre. Dans l'endosmomètre, à la place de 1 partie de sucre, se mettent 7 parties d'eau, et des expériences comparatives ont montré que le pouvoir diffusif du sucre est la moitié

de celui du chlorure de sodium, et le vingtième de celui de l'acide sulfurique hydraté. Si donc l'absorption obéit aux lois de la diffusion, le sucre devra être absorbé 2 fois moins vite que le chlorure de sodium, et 20 fois moins vite que l'acide sulfurique.

Des expériences faites avec soin sur des animaux ont conduit aux résultats suivants, quant à l'absorption du sucre. Si l'on enferme du sucre dans une anse intestinale d'un animal vivant, en isolant cette anse par des ligatures, on remarque que *la quantité de sucre absorbé dans un temps donné est indépendante de la longueur de l'anse, ou de l'étendue de la surface absorbante.* Cette règle n'est en défaut que dans le cas où l'anse, renfermant une dissolution concentrée de sucre, serait trop petite pour pouvoir contenir une quantité d'eau correspondant à l'équivalent endosmotique du sucre.

L'absorption d'une dissolution de sucre est en raison directe de son degré de concentration, c'est-à-dire que plus la dissolution est concentrée, plus est grande la proportion du sucre absorbé dans un temps donné. Il en résulte que c'est dans les premiers moments, alors que la dissolution est le plus concentrée, que les plus grandes quantités de sucre lui sont enlevées. On trouve, en effet, en injectant des quantités égales d'eau sucrée du même degré de concentration, qu'il sort toujours plus de sucre des anses dans les premiers moments que pendant les suivants. Une anse intestinale renfermant une dissolution concentrée de sucre, se gonfle en aspirant de l'eau, ainsi qu'on peut le prévoir en partant des lois de l'endosmose.

On voit encore, en partant de ces lois, pourquoi la longueur de l'anse (tant qu'elle n'est pas inférieure à une certaine limite) est sans influence sur la quantité de sucre absorbé. Si l'anse est assez grande pour laisser entrer la quantité d'eau équivalente, il n'en sortira toujours que la proportion correspondante de sucre, quelque grande que soit l'anse. Comme la quantité d'eau qui pénètre dans l'anse dépend du degré de concentration de l'eau sucrée, l'absorption, à égalité de concentration, doit rester exactement constante, même dans des anses très différentes.

L'absorption lente du sucre dans l'intestin, où il se trouve normalement en solution très étendue, et la rapidité avec laquelle il se répand dans l'intestin grêle, etc., tous ces faits trouvent leur explication dans les résultats des expériences que nous venons de citer.

La quantité de sucre qui peut être absorbé par l'intestin dans un temps donné varie avec le degré de concentration de la dissolution; on voit donc, d'après ce qui précède, combien il est difficile de déterminer avec exactitude cette quantité, dont la connaissance serait des plus importantes pour l'appréciation quantitative des transmutations de l'économie. Si l'on introduit dans l'intestin une dissolution très diluée, l'absorption est plus lente que dans les circonstances normales ; si la dissolution est très concentrée, une très grande quantité d'eau est enlevée au sang, l'intestin se gorge d'un liquide aqueux, le ventre se ballonne, la respiration est très oppressée, et la mort s'ensuit fréquemment.

125. Le *sucre de canne* se transforme déjà, pour la majeure partie, en glucose avant d'être absorbé; lorsqu'il a été ingéré en forte proportion, on le retrouve inaltéré tout au plus jusque vers le milieu de la longueur du jéjunum. Ni la salive ni le suc gastrique ne peuvent produire artificiellement cette transformation; il est donc à croire qu'elle est déterminée par le suc pancréatique ou par d'autres principes intestinaux en voie de décomposition.

Le *sucre de lait*, comme le sucre de canne, traverse très rapidement l'intestin grêle tout entier; une heure après l'ingestion, on peut le suivre jusqu'au cœcum; comme le sucre de canne et le glucose, il détermine une réaction fortement acide dans le jéjunum et l'iléum; cette réaction ne disparaît que trois à quatre heures après l'ingestion du sucre.

L'*amidon*, à cause de son insolubilité, ne peut être absorbé sans subir préalablement une transformation. Dans la cavité buccale, suivant le degré d'activité de la mastication, il s'imprègne d'une quantité plus ou moins grande de salive. Si l'on considère le peu de temps que le bol alimentaire séjourne dans la bouche, l'action de la salive sur l'amidon cru ne peut être que des plus faibles, bien que ce liquide produise très rapidement la transformation de l'empois en glucose (voy. page 184). Chez les ruminants, il est vrai, le séjour prolongé des aliments dans la panse, et l'arrivée continuelle de nouvelle salive dans la bouche ont pour effet de transformer en glucose une grande partie de l'amidon des aliments; la même chose arrive sans

doute dans le jabot des oiseaux. Cependant, chez la plupart des autres animaux, la majeure partie de l'amidon arrive sans altération dans l'estomac, où l'action ultérieure de la salive se trouve jusqu'à un certain point contrariée par la présence du suc gastrique. Après un séjour plus ou moins prolongé dans l'estomac, l'amidon passe dans le duodénum, où il est mis en contact avec un agent plus énergique, avec le suc pancréatique, qui commence à le transformer en glucose. Dans la région de l'iléum, le suc pancréatique disparaît; il est alors remplacé par le suc intestinal dont l'action est un peu moins prononcée.

La transformation de l'amidon s'effectue peu à peu; les grains amylacés se ramollissent de la surface au centre, et se dissolvent à l'état de dextrine et de glucose; des lamelles se détachent des grains et se déchirent. On en distingue souvent les lambeaux au microscope. Plus l'amidon avance dans l'iléum, plus ses grains deviennent petits, par suite de la dissolution et de la désagrégation qui s'opère à leur surface.

Le développement considérable que prend le cœcum chez les herbivores, et la grande quantité de follicules particuliers dont il est pourvu, notamment dans l'appendice vermiforme, portent à croire qu'un ferment vient encore aider à la transformation de la matière amylacée dans cette partie de l'intestin; toutefois l'existence de ce ferment n'a pas encore été établie d'une manière certaine.

La *dextrine*, premier terme de la transformation de l'amidon, ne se trouve qu'en très petite quantité dans

l'intestin ; elle s'y transforme très rapidement en glucose.

L'*inuline* semble se comporter pendant la digestion comme l'amidon.

La *gomme*, sous l'action des ferments les plus divers, n'éprouve que des transformations nulles ou à peine sensibles ; elle n'est pas attaquée non plus par les sucs digestifs, dans les expériences de digestion artificielle; elle ne peut donc être absorbée que sous sa forme primitive.

La gomme, d'après des expériences directes, se diffuse moitié moins vite que le sucre; elle traverse les membranes animales avec bien plus de difficulté que la plupart des autres substances solubles, notamment que le sucre. On s'explique ainsi pourquoi, dans la plupart des expériences directes effectuées sur des animaux, on a trouvé que la majeure partie de la gomme introduite par la bouche ressort sans altération par le rectum, et qu'une très faible fraction seulement en est absorbée.

Le *mucilage végétal* se comporte tout à fait comme la gomme dans la digestion.

La *cellulose ligneuse* est un corps insoluble dans tous les dissolvants chimiques ordinaires et dans tous les sucs digestifs connus. On la considère pour cette raison comme incapable d'être digérée. Toutefois certains faits chimiques et anatomiques qu'on a observés chez divers animaux, tels que les castors, les chenilles, paraissent indiquer que la cellulose peut quelquefois se transformer en sucre. Les alcalis étendus corrodent les parois des cellules ligneuses; le ferment des pommes de terre en putréfaction les détruit. Le castor, dont l'estomac et

l'intestin sont ordinairement remplis de fragments de bois, possède des glandes salivaires très développées, une forte glande stomacale et un pancréas énorme ; chez les chenilles, les organes qui développent la salive sont aussi très développés.

126. On peut suivre presque entièrement au microscope la route que prennent les *matières grasses* pour arriver jusqu'au sang. Ces matières n'éprouvent pas d'altération sensible dans la bouche et dans l'estomac ; mélangées artificiellement avec la salive ou le suc gastrique, elles ne subissent aucune modification. Le tissu adipeux se désagrége dans l'estomac; le tissu cellulaire qui renferme les cellules graisseuses, et les parois de ces dernières sont digérés ; il reste dans l'estomac de grosses gouttes de graisse. Ce n'est que dans le duodénum qu'on n'aperçoit plus la graisse en grosses gouttes ou en masses demi-fluides ; plus on avance dans le canal intestinal, plus elle se divise en fines particules. Le microscope permet de constater que la graisse se rend des villosités intestinales principalement vers les vaisseaux chylifères. Déjà dans l'épithélium cylindrique qui recouvre ces villosités, on distingue de la graisse absorbée ;

Fig. 25. Villosités intestinales.

bientôt le parenchyme spongieux des villosités s'emplit à son tour (fig. 25 et 26) de vésicules transparentes très réfringentes, ou de granules de matière grasse très divisée. Les vaisseaux chylifères prennent un aspect brillant et laiteux, et le chyle est troublé par une foule de gouttelettes graisseuses extrêmement fines.

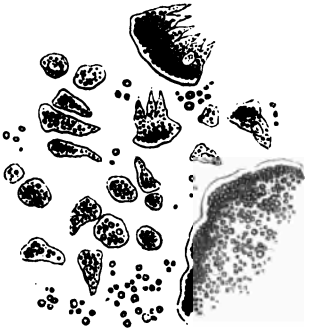


Fig. 26. Villosités intestinales.

Toutefois ce n'est pas exclusivement par les chylifères que la graisse est amenée dans le sang. On distingue, en effet, après une abondante ingestion de matières grasses, des granules de matière grasse parmi les globules du sang, qui circule dans les capillaires des villosités; dans les mêmes circonstances, le sang de la veine porte est aussi bien plus chargé de graisse qu'il ne l'est ordinairement.

Il n'existe donc certainement aucune membrane spécialement imperméable à la graisse; et, cependant, on a eu peine à s'expliquer jusque dans ces derniers temps, d'après quelles lois physiques peut s'opérer le passage de la graisse insoluble dans l'eau, à travers les membranes imprégnées d'eau. Nous avons vu (page 198) que ce n'est point le suc pancréatique, mais bien la bile, qui rend possible ce passage. Des expériences récentes ont

démontré que la bile et les dissolutions de savon donnent aux membranes animales la propriété de se laisser traverser par les graisses sans qu'il soit besoin d'augmenter la pression extérieure. Comme d'ailleurs chez les animaux, dont on fait écouler la bile au dehors au moyen d'une fistule, la proportion de matières grasses absorbées est extrêmement minime, on ne saurait douter que l'absorption des matières grasses soit due à la présence de la bile, bien que les lois des actions moléculaires qui s'exercent dans ces circonstances ne soient pas entièrement connues.

127. Les *corps albuminoïdes* et leurs dérivés immédiats (gélatine, chondrine, etc.), diverses substances analogues, telles que l'émulsine, le venin des vipères, la curarine et les virus des maladies contagieuses (comme l'hydrophobie, le typhus, la morve, la phthisie, la gangrène de la rate), même dissous dans l'eau, sont peu aptes à être absorbés; le pouvoir diffusif de l'albumine soluble, par exemple, est 8 ½ fois moindre que celui du sucre, et 19 fois moindre que celui du sel marin; on prétend même que l'albumine soluble et plusieurs des matières précédentes, par exemple l'émulsine et la curarine, ne se prêtent pas à l'endosmose. Lors même que cette inaptitude ne serait pas absolue, les quelques expériences qu'on a faites à cet égard prouveraient toujours que les expériences physiques s'accordent avec les observations physiologiques, pour démontrer que ces substances doivent subir certaines transformations sous l'influence des sucs digestifs, avant de pouvoir être absorbées.

Le suc gastrique transforme les matières albuminoïdes solubles ou insolubles en des produits semblables aux premières par la composition élémentaire; mais ces produits en diffèrent essentiellement en ce qu'ils sont très solubles dans l'eau, qu'ils sont incapables de se coaguler, et qu'ils offrent quelques autres propriétés physiques et chimiques particulières. Nous avons donné le nom de *peptones* à ces dérivés des matières albuminoïdes et de la gélatine. L'émulsine subit aussi une transformation dans les premières voies, car dès qu'elle est parvenue dans le sang, elle n'a plus d'action sur l'amygdaline; la curarine et les poisons mentionnés plus haut sont également modifiés par les sucs digestifs, autrement ils produiraient, après avoir passé de l'intestin dans le sang, les mêmes effets vénéneux qu'après avoir été injectés directement dans ce liquide.

Il est reconnu que c'est surtout le suc gastrique qui détermine la transformation des corps albuminoïdes et des substances susceptibles de se convertir en gélatine; on ignore absolument quelle est l'action de ce suc sur les autres substances mentionnées. Toutefois la quantité de suc gastrique sécrétée ne suffit pas d'ordinaire pour modifier et dissoudre la totalité des matières albuminoïdes nécessaires à la nutrition; aussi voit-on toujours une certaine quantité de ces matières passer de l'estomac dans l'intestin, et ne se métamorphoser que dans cette partie du canal alimentaire, sous l'influence du suc intestinal (voy. pages 190 et 204). D'après les expériences faites jusqu'ici, il ne paraît pas que les matières albumi-

noïdes qui parviennent jusqu'au gros intestin y subissent aucune modification.

Comme on trouve toujours, dans le chyle, des matières albuminoïdes coagulables, il paraîtrait que la régénération de l'albumine par les peptones commence déjà dans les premières ramifications des chylifères ou dans les ganglions mésentériques. On ne trouve plus en effet, d'une manière certaine, ces peptones dans le chyle du canal thoracique.

De même que les matières grasses, les corps albuminoïdes passent de l'intestin dans le sang, non-seulement par les vaisseaux chylifères, mais en partie aussi par les capillaires des villosités; bien que, par exemple, l'albumine soluble, comme nous l'avons dit, soit peu propre à traverser les membranes animales, ces membranes, et en particulier celles des capillaires, ne sont pas absolument imperméables à cette substance non modifiée. Si, en effet, on isole avec soin une anse intestinale par deux ligatures, qu'on y injecte de l'eau et qu'on fasse en sorte d'éviter toute espèce d'inflammation, on trouve après quelques heures de l'albumine en dissolution dans cette eau. Il n'y a donc pas non plus de membranes absolument imperméables aux corps albuminoïdes solubles.

128. Il importe, pour la détermination quantitative des transmutations de l'organisme et pour l'appréciation de l'intensité des réactions digestives, de connaître les proportions dans lesquelles s'opère la sécrétion des sucs digestifs. Les expériences que l'on a faites sous ce rapport ont été particulièrement exécutées sur des chiens

et des chats. S'il est permis d'appliquer à l'homme les résultats qu'on a obtenus, on arrive à des chiffres étonnamment élevés. On trouve, en effet, qu'un homme du poids de 62 kilogrammes sécréterait dans les vingt-quatre heures 1^{kil}.,6 de salive (contenant 15 grammes de principes fixes); 1,6 de bile (*id.* 80 gr.); 6,4 de suc gastrique (*id.* 192 gr.); 0,2 de suc pancréatique (*id.* 20 gr.); et 0,2 de suc intestinal (*id.* environ 3 gr.). La masse liquide qui arrive dans l'intestin durant les vingt-quatre heures est donc beaucoup plus grande que la masse totale du sang, telle qu'elle a été déterminée chez un adulte d'après les expériences les plus récentes. Comme cette masse liquide ne renferme en tout que 310 grammes de principes solides, elle est donc admirablement appropriée pour dissoudre les aliments introduits dans l'économie.

On a fait des expériences bien moins nombreuses, et par suite bien moins certaines, sur la quantité de matières nutritives qu'un organisme est susceptible de tirer de l'intestin dans un temps déterminé; il semble résulter de ces expériences que, dans une heure, un homme peut absorber 430 grammes de sucre, 45 grammes de matières grasses et 100 grammes de matières albuminoïdes.

On regarde ordinairement comme d'une digestion facile les aliments qui ne fatiguent pas les organes digestifs, même affaiblis. On peut préciser cette notion en ayant égard à la facilité plus ou moins grande avec laquelle les aliments peuvent être transformés par les sucs digestifs en matières absorbables, ou au temps plus

ou moins court au bout duquel les aliments se trouvent prêts à être absorbés. La plupart des expériences qu'on a entreprises à cet égard sont insuffisantes, soit parce qu'elles ont été effectuées sur des aliments d'une nature complexe, soit parce qu'on s'est en général attaché à la digestion stomacale seulement, et qu'on a conclu le degré de digestibilité du temps plus ou moins court que les substances mettaient à disparaître de l'estomac; nous avons vu plus haut que des quantités assez considérables de matières albumineuses quittent l'estomac, même dans les circonstances normales, sans avoir été digérées.

On ne possède pas encore d'expériences vraiment scientifiques sur la théorie de la digestion telle que nous l'avons exposée; on en est réduit à celles qu'on a faites sur les chiens, à l'aide de fistules artificielles. Le degré de digestibilité des aliments, même les plus simples, est si variable, qu'il a été impossible, jusqu'à présent, d'établir sur ce point aucune règle générale. Ainsi, indépendamment de l'intensité individuelle de la digestion, le temps pendant lequel certains aliments séjournent dans l'estomac d'un même individu dépend beaucoup de la proportion des matières alimentaires ingérées en une fois (de grandes quantités de matières, même très faciles à digérer, séjournent dans l'estomac bien plus longtemps que des quantités plus faibles); ce temps dépend aussi du degré de division et de l'état de cohésion des matières ingérées (le tissu cellulaire se dissout bien plus rapidement que les membranes tendineuses; les matières albuminoïdes se dissolvent plus difficilement, et les matières végétales plus facilement, lorsqu'elles ont

été cuites que si elles ne l'ont pas été; la caséine coagulée et en grumeaux se dissout plus difficilement que la caséine en flocons, etc.). Nous pouvons donc passer sous silence les détails des résultats qu'on a obtenus sous ce rapport, car ils présentent trop de différences pour permettre d'en tirer des conclusions précises.

Respiration.

129. La respiration consiste essentiellement dans un échange d'éléments gazeux entre le sang et l'air atmosphérique, échange qui s'opère dans des organes spéciaux connus sous les noms de *poumons*, de *branchies* et de *trachées*. Pour s'en rendre compte, il faut d'abord connaître exactement les proportions suivant lesquelles les gaz qui y prennent part sont contenus dans le sang et dans l'atmosphère. On connaît parfaitement la composition de l'air atmosphérique; mais on ne possède pas des notions aussi exactes sur les proportions des divers gaz qui sont dissous dans le sang (voy. page 129). Il convient donc plutôt d'étudier la respiration par les variations qu'elle fait subir à la composition de l'atmosphère. Ces variations sont également subordonnées aux conditions mécaniques dans lesquelles se fait la respiration. En effet, l'échange gazeux qui s'opère par les surfaces où le sang se trouve en contact avec l'air est régi par certaines causes physiques de mouvement; il est dû en partie au jeu des muscles et des tissus élastiques, aux dilatations et contractions alternatives des cavités pulmonaires et trachéennes; mais c'est surtout comme un

phénomène de diffusion qu'il convient de le considérer. Par leurs variations, ces conditions extérieures entraînent aussi des changements dans les résultats de la respiration ; il importe beaucoup d'en connaître la nature. Dans tous les cas, la constitution du sang, c'est-à-dire la nature et les proportions des substances gazeuses qu'il tient en dissolution, influent d'une manière essentielle sur les rapports quantitatifs de l'échange des gaz. Mais comme nous ne savons pas déterminer avec exactitude le contenu gazeux pour chaque instant donné, nous sommes obligés, pour comprendre l'ensemble du phénomène respiratoire, de nous reporter aux conditions les plus éloignées qui le régissent, c'est-à-dire à ce qu'on appelle les états physiologiques de l'organisme, qui modifient en même temps les conditions mécaniques par l'action nerveuse et par le mouvement musculaire qui en résulte.

Avant d'examiner de plus près l'ensemble des causes qui font varier l'échange gazeux suivant les circonstances, indiquons sommairement les méthodes à l'aide desquelles on a cherché à se procurer les données premières pour ces recherches.

La méthode la plus simple consiste à faire arriver l'air expiré par la bouche, dans un espace rempli d'un liquide capable de lui céder facilement sa place.

D'après une autre méthode, on enferme le sujet dans un espace où l'air est sans cesse renouvelé, et l'on soumet à l'analyse l'air sortant de l'appareil.

D'autres fois on fait respirer des animaux pendant quelque temps dans un espace complétement fermé;

après quoi on analyse l'air de l'espace ainsi confiné.

Enfin on emploie aussi des appareils dans lesquels l'acide carbonique provenant de la respiration est sans cesse absorbé, et remplacé par un volume d'oxygène égal au volume disparu.

130. Voici les résultats généraux fournis par ces diverses méthodes.

Le sang abandonne à l'air inspiré de l'*acide carbonique* et de la *vapeur d'eau*, et lui prend de l'*oxygène;* ordinairement aussi une certaine quantité d'*azote* passe du sang dans l'atmosphère; toutefois le phénomène inverse se produit également dans quelques circonstances.

Le *rapport entre l'oxygène inspiré et l'acide carbonique exhalé n'est pas toujours constant;* il éprouve, dans certaines limites, des variations assez notables. Dans les circonstances normales, le volume de l'oxygène inspiré surpasse de beaucoup celui de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique expiré. En moyenne, pour 1 volume d'oxygène absorbé, on recueille 0,85 volume d'acide carbonique exhalé.

Le volume de l'air inspiré est toujours plus grand que celui de l'air expiré, soit parce que celui-ci est échauffé à 36°,2 ou 37°,5, soit parce qu'il est ordinairement saturé de vapeur d'eau.

Le rapport du poids de l'azote exhalé à l'acide carbonique exhalé est en général de 1 à 100.

Enfin on a presque toujours trouvé, dans l'air expiré, de petites quantités d'*hydrogène* et d'*hydrogène carboné;* un certain nombre de substances volatiles introduites dans le corps par la bouche s'y retrouvent aussi : tels

sont le phosphore, le camphre, l'alcool, les huiles essentielles.

131. L'air expiré par un homme en repos, dans l'état de santé, contient en moyenne 4,334 volumes d'*acide carbonique* pour 100. Un adulte vigoureux rend, dans les vingt-quatre heures, 867 grammes ou 443,409 centimètres cubes d'acide carbonique (réduits à la température de 0° et à la pression de 76 centimètres), 8 grammes d'azote et 325 grammes de vapeur d'eau; il absorbe dans le même temps 746 grammes ou 520,601 centimètres cubes d'oxygène; si l'on déduit le poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique et la vapeur d'eau, on trouve que 116 grammes d'oxygène sont restés dans le sang.

La quantité d'acide carbonique contenu dans l'air expiré dépend beaucoup de la fréquence des mouvements respiratoires. Lorsque ces mouvements deviennent deux fois plus fréquents, sans devenir moins profonds que dans la respiration normale, la proportion de l'acide carbonique expiré diminue d'environ 0,907 pour 100 de ce qu'elle était pendant la respiration normale et tranquille. Lorsque les mouvements respiratoires deviennent trois, quatre, huit fois plus fréquents, la proportion de l'acide carbonique diminue respectivement de 1,125, 1,292, 1,600 pour 100. De ces observations et d'autres semblables, il résulte que la proportion de l'acide carbonique exhalé dans un temps donné est une fonction du nombre des expirations qui ont eu lieu dans ce temps. D'après cela, il revient à chaque expiration, quelle que soit sa durée, une quantité constante de 2,5 pour 100

d'acide carbonique à laquelle s'en ajoute une seconde, proportionnelle à la durée d'une inspiration, comme l'indique le tableau suivant :

Nombre des inspirations.	Proportions centésimales de l'acide carbonique.	Partie constante.	Partie variable avec la durée de l'inspiration.
6	5,7	2,5	3,2
12	4,1	2,5	1,6
24	3,3	2,5	0,8
48	2,9	2,5	0,4
96	2,7	2,5	0,2

De ces nombres on peut déduire une formule qui fait connaître les quantités d'acide carbonique exhalé, à l'aide du nombre des inspirations pour un temps donné. Représentons par a la quantité d'acide carbonique renfermé dans 100 volumes d'air expiré, la durée d'une expiration étant de $\frac{60}{3} . 2 - 1$ secondes ; pour une durée représentée par $\frac{60}{3} . 2 - n$, la quantité d'acide carbonique exhalé sera $a = 3,2 + \frac{6,4}{2^n}$. Autrement, représentons par a la quantité constante de l'acide carbonique rejeté dans une expiration, par T la durée minima d'une expiration ; nous aurons, pour une expiration pendant $T . 2^n$ secondes, une quantité d'acide carbonique $a + \frac{2^n - 1}{10}$. En posant $T . 2^n = t$, d'où $2^n = \frac{t}{T}$, il vient, en substituant cette valeur dans l'expression précédente, $a + \frac{t - T}{10T}$.

Cette quantité représente le poids de l'acide carbonique rejeté pendant une expiration d'une durée quelconque t.

Le tableau suivant, calculé d'après cette formule, montre bien que l'exhalation de l'acide carbonique se règle en quelque sorte sur la mesure du mouvement respiratoire :

Nombre des expirations dans une minute.	Acide carbonique contenu dans 100 centim. cub. d'air expiré.	Volume en centim. cub. de l'air expiré dans une minute.	Volume en centim. cub. de l'acide carbonique expiré en une minute.	Acide carbonique exhalé pendant une expiration.
6	5,7	3000	171	28,5
12	4,1	6000	216	20,5
24	3,3	12000	396	16,5
48	2,9	24000	696	14,5
96	2,7	48000	1296	13,5

L'amplitude et la profondeur des inspirations influe d'une manière analogue sur l'exhalation de l'acide carbonique. On le verra par les nombres suivants. Comme l'air provenant d'une respiration normale contient 4,60 pour 100 d'acide carbonique, il contiendra :

Les inspirations étant	2	fois plus profondes,	4,00	pour 100 d'ac. carb.
—	3	—	3,70	—
—	4	—	3,38	—
—	8	—	2,78	—
Les inspir. étant moitié moins profondes,			5,38	—

La quantité d'acide carbonique contenu dans l'air s'accroît dans les derniers rameaux des bronches et atteint son maximum dans les cellules pulmonaires. On

peut s'assurer, en effet, que la seconde moitié de l'air exhalé dans une expiration est un peu plus riche en acide carbonique que la première moitié (celle-ci contenant, par exemple, 3,72 pour 100 d'acide carbonique, la seconde en contient 5,44). D'autre part, l'air provenant d'une expiration très profonde est plus riche en acide carbonique que l'air d'une expiration normale (dans le premier cas, il en renferme, par exemple, 5,18 pour 100; dans le second, environ 4,63 pour 100). D'où résulte que l'air des cellules pulmonaires renferme 5,83 pour 100 d'acide carbonique, c'est-à-dire 1,2 pour 100 de plus que l'air d'une expiration normale.

Lorsqu'on retient la respiration pendant quelque temps, la quantité absolue d'acide carbonique diminue dans l'air expiré; mais sa proportion relative augmente notablement.

132. Les expériences faites anciennement sur l'inhalation de l'*oxygène* pur ou d'un air chargé d'oxygène, avaient conduit à des résultats singuliers, mais non concordants. D'après des expériences plus récentes, on est autorisé à croire que les phénomènes qui se passent quand on respire de semblables mélanges sont semblables à ceux qui accompagnent l'inhalation de l'air atmosphérique pur.

L'*acide carbonique* ne peut être respiré à l'état de pureté; il détermine une fermeture convulsive de la glotte. L'air qui ne contiendrait même que 40 pour 100 de ce gaz est irrespirable. Si l'on inspire de l'air riche en acide carbonique, mais cependant encore respirable, l'absorption de l'oxygène se ralentit; en même temps

l'exhalation de l'acide carbonique diminue, tandis que celle de l'azote augmente un peu.

Il paraît, d'après certaines expériences, que les animaux placés dans une atmosphère riche en *azote* absorbent une certaine quantité de ce gaz. On prétend aussi qu'ils absorbent alors plus d'oxygène et exhalent moins d'acide carbonique.

L'inhalation du *protoxyde d'azote* détermine une vive excitation; elle rend plus rapides la circulation du sang et les mouvements respiratoires, et finit par produire l'asphyxie. L'acide carbonique exhalé est plus abondant que dans la respiration normale.

Si l'on remplace l'azote de l'air par un volume égal d'*hydrogène*, sans rien changer dans la proportion de l'oxygène, l'animal respire comme dans l'air ordinaire; il semble seulement absorber un peu plus d'oxygène.

133. Certaines *influences extérieures* produisent des effets particuliers sur les phénomènes de la respiration. Toutefois ces effets ne sont pas directs; ils sont le résultat des changements plus ou moins grands qu'éprouvent les mouvements d'inspiration, soit dans leur fréquence, soit dans leur profondeur. Comme l'organisme entier est mis en rapport très intime avec l'atmosphère par l'intermédiaire des poumons, les variations des influences atmosphériques produiront évidemment des effets visibles.

Des expériences nombreuses, variées de bien des manières, ont mis hors de doute que l'exhalation de l'acide carbonique diminue quand la *température* s'élève, et qu'elle augmente quand la température décroît (pourvu

cependant qu'il n'en résulte pas un état de souffrance pour l'animal). Les variations dans la quantité d'acide carbonique exhalé sont sensiblement en rapport inverse avec les variations de la température. Cela tient à ce que la fréquence et la profondeur des inspirations diminuent un peu par l'élévation de la température. Il est remarquable que l'exhalation de la vapeur aqueuse diminue aussi quand la température extérieure est élevée.

La seule exception à la règle précédente est offerte par les animaux qui s'engourdissent par le froid, tels que les grenouilles. Ces animaux, durant l'engourdissement, exhalent bien moins d'acide carbonique qu'à des températures plus élevées, alors qu'ils sont éveillés.

L'*état hygrométrique* de l'atmosphère paraît influer sur la fréquence et surtout sur la profondeur des mouvements inspiratoires. C'est pourquoi l'exhalation de l'acide carbonique est plus abondante dans l'air humide que dans l'air sec.

L'influence de la *pression atmosphérique* est, en somme, moins considérable. Toutefois l'augmentation de cette pression rend plus fréquents les pulsations et les mouvements respiratoires, de sorte que la quantité d'air qui traverse alors le poumon, dans un temps donné, est plus forte que par une faible pression ; mais comme la proportion d'acide carbonique expiré diminue, la quantité absolue de ce gaz demeure sensiblement la même. Il n'y a que les variations brusques dans la pression qui déterminent des mouvements respiratoires assez rapides pour que l'exhalation de l'acide carbonique s'en trouve considérablement accrue, que la pression ait

d'ailleurs augmenté ou diminué. Lors même que l'amplitude de la variation serait extrêmement grande, si cette variation s'est faite petit à petit, la quantité d'acide carbonique exhalé dans un temps donné demeure constante.

On regardait autrefois comme très importante l'influence de l'*heure* sur la respiration ; pourtant les variations qu'on observe réellement d'un instant à l'autre de la journée se réduisent pour la majeure partie à celles qui sont occasionnées par les repas, le sommeil, l'exercice corporel.

Le seul fait certain que nous possédions relativement à l'influence des *saisons*, c'est que la quantité d'acide carbonique exhalé en hiver surpasse en moyenne d'un cinquième la quantité rejetée pendant l'été.

L'*état intérieur de l'organisme* exerce sur la respiration une influence marquée, car il agit directement sur l'une des conditions essentielles, sur la quantité de matières gazeuses et notamment d'acide carbonique, que le sang tient en dissolution ; il n'est d'ailleurs pas non plus sans influence sur la circulation du sang et sur les mouvements respiratoires.

Une des conditions qui modifient le plus l'état intérieur de l'organisme, c'est l'*alimentation*.

Chez les animaux privés de toute espèce de nourriture, l'absorption de l'oxygène diminue d'une manière assez constante jusqu'à l'instant de la mort ; au commencement et à la fin de l'expérience seulement, cette diminution est un peu plus rapide. Au commencement de l'inanition, les 80 centièmes de l'oxygène inspiré sont

transformés en acide carbonique ; vers la fin, les 73 centièmes seulement. La quantité de l'acide carbonique rejeté diminue d'une manière sensiblement constante pendant le premier tiers de l'inanition ; elle décroît lentement pendant le second, et s'accélère de nouveau pendant le troisième. Dans les expériences où l'on privait les animaux d'aliments solides sans leur enlever la boisson, il y avait 75 parties d'eau exhalée pour 100 parties d'acide carbonique. Fréquemment aussi on observe une absorption d'azote chez les animaux souffrant la faim, surtout chez les oiseaux.

La suppression d'un seul repas altère déjà d'une manière notable les rapports de l'échange gazeux ; l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique en sont considérablement diminuées. Au contraire, pendant la digestion et même une à deux heures après l'ingestion des aliments, il se manifeste un notable accroissement dans les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique exhalé.

134. Les produits de la respiration dépendent essentiellement aussi de la *nature chimique des aliments*. Après l'ingestion des matières amylacées, il passe plus d'oxygène à l'état d'acide carbonique que par un régime animal ; dans ce dernier cas, l'oxygène contenu dans l'acide carbonique ne s'élève qu'à 74 centièmes de l'oxygène absorbé, tandis que, par une nourriture végétale, plus de 91 centièmes de l'oxygène absorbé passent ordinairement à l'état d'acide carbonique. Lorsque la nourriture est végétale, il s'exhale aussi de l'azote, mais en quantité moindre que par un régime animal.

Il s'agit maintenant de savoir *si les différences qu'on observe, suivant le genre d'alimentation, entre la quantité d'oxygène inspiré et la quantité d'oxygène renfermé dans l'acide carbonique exhalé* peuvent être précisées d'après certaines données chimiques. Si l'on se rappelle que les matières non azotées sont entièrement brûlées dans l'économie, et transformées en eau et en acide carbonique, on conçoit aisément que cette combustion exigera des quantités d'oxygène fort variables, suivant les proportions d'oxygène déjà contenues dans ces matières. Les hydrates de carbone, par exemple, n'auront besoin que de la quantité d'oxygène nécessaire pour brûler leur carbone; les matières grasses en exigeront en outre une certaine quantité pour brûler une grande partie de leur hydrogène; tandis que les acides organiques, renfermant assez d'oxygène pour brûler, non-seulement tout leur hydrogène, mais encore une partie de leur carbone, n'en réclameront encore, pour leur combustion complète, qu'une très faible quantité. Quant aux aliments azotés, il faut admettre qu'une partie du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène qu'ils renferment, s'élimine à l'état d'urée avec une proportion correspondante d'azote; ce qui reste, après déduction de cette partie, peut seul être considéré comme concourant à la respiration.

Si l'on calcule pour les diverses matières alimentaires les quantités susceptibles d'être transformées entièrement en eau et en acide carbonique par une quantité d'oxygène égale à l'unité, on aura des nombres qu'on peut appeler les *équivalents respiratoires* de ces matières. Ces nombres sont en rapport inverse avec l'importance

relative des matières alimentaires pour la respiration ou pour le développement de la chaleur animale. La considération de ces équivalents respiratoires conduit d'ailleurs à la solution de la question proposée. Supposons, en effet, que l'échange gazeux qui s'opère dans le poumon soit le résultat de la combustion d'une seule matière alimentaire; suivant la composition de cette matière, une fraction plus ou moins grande de l'oxygène nécessaire pour sa combustion complète se portera sur le carbone pour donner naissance à de l'acide carbonique. Le tableau suivant met en lumière ces relations.

NATURE DE LA SUBSTANCE.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	OXYGÈNE nécessaire pour produire, avec l'oxygène de la substance, la combustion complète de celle-ci.	ÉQUIVALENTS respiratoires. 100 parties d'oxygène oxydent :	QUANTITÉS d'oxygène (pour 100 parties d'oxygène absorbé) contenues dans l'acide carbonique.
100 p. de mat. grasses renferm[t]	78,13	11,74	10,13	292,14	34,23	71,32
— de fécule.	44,45	6,17	49,38	148,52	84,37	100,00
— de sucre.	40,00	6,66	53,34	106,67	93,75	100,00
— d'acide malique.	44,38	3,43	53,17	82,78	120,80	110,53
— d'albumine.	47,48	4,98	13,14	153,31	65,23	82,60
— de gélatine.	42,52	4,47	13,59	135,56	73,77	83,64
— de viande.	46,10	4,72	13,66	147,01	68,01	83,60

Il est à peine besoin de dire que, même par une alimentation exclusivement composée de fécule, de sucre ou de matières grasses, les rapports entre l'oxygène absorbé et l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé ne sont jamais exactement conformes aux nombres de la dernière colonne; car, en même temps que

s'oxydent les matières non azotées, il s'élimine toujours une partie des tissus azotés qui éprouvent également une oxydation, ce qui modifie naturellement les rapports précédents.

Toutefois ces nombres sont fort utiles pour la discussion des relations quantitatives des transmutations de l'organisme. Citons pour preuve deux exemples où ces nombres conduisent à une équation très simple. Supposons qu'il s'agisse de trouver le rapport entre l'oxygène absorbé et l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé, pour le cas d'un animal exclusivement nourri de fécule pendant quelque temps. Représentons par c la perte journalière qu'éprouvent les tissus azotés, perte qu'il est nécessaire de connaître. On sait (d'après des expériences sur les effets de l'inanition et sur l'usage exclusif de la viande) que 100 parties de tissus azotés exigent, pour être brûlées, 83,6 d'oxygène atmosphérique; représentons d'ailleurs par a la quantité de fécule ingérée et brûlée dans l'économie, nous trouverons pour le rapport cherché :

$$x = \frac{c \,.\, 83{,}6 + a \,.\, 100}{c + a}.$$

Supposons encore qu'on veuille trouver, dans une expérience d'inanition, combien il y a de matières grasses et de tissus azotés brûlés. Nous pourrons déduire de la quantité d'urée qui a pris naissance la proportion des albuminates consommés. Représentons la quantité d'urée par c. Pour une alimentation exclusivement composée de matières grasses, le rapport entre l'oxy-

gène exhalé sous forme d'acide carbonique et l'oxygène absorbé est 71,32 ; pendant l'inanition, il sera, par exemple, égal à 75. D'où résulte que la quantité a de matières grasses brûlées pendant l'inanition en même temps qu'une quantité c d'albuminates, sera donnée par la formule

$$x = \frac{(83,60 - 75,00)\,c}{75,00 - 71,32}.$$

135. Il est à peine nécessaire de dire que la *quantité de nourriture* introduite dans l'économie influe beaucoup sur l'intensité de l'échange gazeux opéré dans les poumons. Il y a toutefois une limite que ne peut dépasser le rapport entre l'oxygène exhalé à l'état d'acide carbonique et l'oxygène absorbé. On sait, du reste, que l'absorption des divers aliments ne peut dépasser une certaine limite. En traitant de la nutrition, nous reviendrons sur ce qu'on peut appeler la *consommation de luxe*.

Après un usage modéré de *spiritueux*, l'excrétion de l'acide carbonique diminue d'une manière absolue ; elle diminue aussi relativement à la quantité de l'oxygène absorbé. Le même phénomène s'observe après l'ingestion de théine, d'huiles essentielles, etc.

Le *sommeil* détermine une diminution très considérable dans l'exhalation de l'acide carbonique. On a trouvé, dans une expérience faite sur un homme, que les quantités d'acide carbonique exhalées dans des temps égaux, pendant l'état de veille et pendant le sommeil, étaient dans le rapport des nombres 40,74 et 31,39.

Ce rapport est curieux à étudier, surtout chez les

animaux hibernants; on l'a examiné avec beaucoup de soin chez les marmottes. Dans l'état de veille, ces animaux, pour chaque kilogramme du poids de leur corps, absorbent 1gr,2 d'oxygène, et les 73 centièmes de cet oxygène se retrouvent dans l'acide carbonique exhalé; pendant le sommeil, la quantité d'oxygène absorbé n'est que de 0gr,045 par kilogramme, et l'on n'en retrouve que 56,7 pour 100 dans l'acide carbonique expiré.

On a observé, chez les hommes, une exhalation très active d'acide carbonique immédiatement après le *réveil* qui suit le sommeil de la nuit.

L'*exercice corporel* augmente l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique d'une manière absolue aussi bien que relative.

L'*âge* exerce également une influence sur les fonctions respiratoires. L'expérience indique que l'exhalation de l'acide carbonique augmente jusqu'à quarante ou quarante-six ans; elle augmente principalement pendant la période de développement du système musculaire. Mais si l'on calcule les rapports entre la quantité d'acide carbonique exhalé et le poids du corps, on trouve pour les enfants des nombres presque doubles de ceux qu'on obtient pour les adultes.

L'homme exhale plus d'acide carbonique que la femme. Chez les animaux, la *différence de sexe* produit un résultat analogue.

Le tableau suivant, calculé d'après des expériences directes, résume les rapports que nous venons d'exposer. Les résultats qu'il renferme concordent avec la

plupart de ceux qu'ont fournis les diverses recherches faites dans la même direction.

Sujet soumis à l'expérience.	Age.	Poids du corps.	Acide carbonique exhalé par heure.	Rapport entre le poids de l'acide carbonique exhalé et le poids du corps. (= 1000 gr.)
	ans.	kil.	gr.	gr.
Adulte.....	35	65,5	35,530	0,5119
Jeune homme.	16	57,75	34,280	0,5887
Militaire.....	28	82,00	36,623	0,4466
Jeune fille....	17	55,75	23,342	0,4546
Petit garçon..	$9\frac{1}{2}$	22,00	20,338	0,9245
Petite fille....	10	23,00	19,162	0,8831

136. Voici les résultats qu'on a obtenus en étudiant la respiration d'une manière comparative dans différentes espèces animales.

Chez les *mammifères*, le rapport entre l'oxygène exhalé sous forme d'acide carbonique et l'oxygène absorbé ne dépend que de la nature des aliments. Les nombres que nous avons donnés plus haut se maintiennent pour tous les animaux de cette classe. En moyenne, les carnivores paraissent absorber plus d'oxygène et rejeter plus d'acide carbonique que les herbivores; les premiers exhalent d'ailleurs aussi un peu plus d'azote que les derniers.

Chez les *oiseaux*, l'intensité de l'échange respiratoire dépend principalement du degré de l'activité vitale. Chez les petits oiseaux, dont la vivacité est en général bien supérieure à celle des oiseaux de grande taille, le rap-

port entre l'acide carbonique exhalé et l'oxygène exhalé, d'une part, et le poids du corps, de l'autre, est ordinairement aussi bien plus considérable.

Les *œufs des oiseaux* dégagent également de l'acide carbonique, surtout pendant l'incubation; ils absorbent d'ailleurs plus d'oxygène que n'en contient l'acide carbonique exhalé. Plus le développement du fœtus avance, plus est actif cet échange de matières gazeuses.

Chez les *amphibies*, on remarque aussi que l'échange des gaz est d'autant plus intense que la vivacité de l'animal est elle-même plus grande; mais il est toujours bien plus faible que chez les mammifères et les oiseaux.

Chez les *insectes*, qui respirent par des trachées, et chez les *poissons*, qui respirent par des branchies, les rapports entre les quantités des gaz qui s'échangent pendant la respiration sont à peu près les mêmes que chez les animaux respirant par des poumons. Pour les poissons, l'exhalation de l'acide carbonique croît aussi avec la vivacité de l'animal.

Enfin les animaux à *respiration cutanée*, les lombrics terrestres, par exemple, diffèrent également fort peu, sous ce rapport, des autres animaux.

On trouvera réunis, dans le tableau suivant, les nombres obtenus dans les expériences qui ont été faites sur diverses espèces animales.

DÉSIGNATION des animaux.	NATURE des aliments.	Rapport entre l'oxygène exhalé sous forme d'acide carbonique et l'oxygène absorbé. (= 100 gr.)	RAPPORT ENTRE l'oxygène absorbé et le poids du corps. (=1000 gr.)	l'ac. carb. exhalé et le poids du corps. (=1000 gr.)	l'azote exhalé et le poids du corps (=1000 gr.)
		gr.	gr.	gr.	gr.
Chien.	Viande. .	74,5	1,183	1,211	0,0078
Lapin.	Carottes.	91.9	0,885	1,116	0 0036
Poules	Avoine. .	80,7	1,033	1,320	0 0079
Petits oiseaux . . .	Avoine. .	73,3	11,473	11,879	0,1296
Grenouilles	»	76,0	0,084	0,088	0,0005
Salamandres. . . .	»	82,4	0,085	0,096	
Lézards.	»	75,2	0,192	0,198	0,0025
Hannetons.	»	80,8	0 0195	1,1572	
Vers à soie.	»	78,2	0.899	0,960	
Tanches	»	72,3	0,0143	0,0138	
Cyprinus auratus.	»	72,3	0,0409	0,0419	
Lombric terrestre.	»	77,5	0,1015	0,0982	

Dans toutes ces expériences on a ajouté les produits de la transpiration à ceux de la respiration ; on recueillait simultanément, en effet, dans les expériences, les deux sortes de produits, quelle que fût la méthode employée. Des expériences récentes ont appris, du reste, que les produits de la transpiration sont très faibles par rapport aux produits de la respiration. Chez les mammifères et les oiseaux, par exemple, le rapport entre la quantité d'acide carbonique exhalé par la peau, et la quantité d'acide carbonique sortant des poumons, varie de 4 à 17 millièmes. Toutefois ce rapport est tout différent chez un assez grand nombre d'animaux, chez les amphibies, par exemple : ainsi des grenouilles auxquelles on a enlevé les poumons peuvent non-seulement vivre longtemps après cette opération, mais encore donner par la transpiration à peu près autant de pro-

duits gazeux que les grenouilles qui n'ont pas subi la même mutilation.

On connaît peu les variations que subissent les échanges respiratoires pendant les *maladies*. Les expériences faites jusqu'à ce jour font ressortir un seul résultat certain : c'est que dans toute affection aiguë ou chronique la quantité d'acide carbonique exhalé va en diminuant ; elle peut tout au plus approcher de l'exhalation normale, mais dans aucun cas elle ne la surpasse.

On n'a observé dans aucune maladie une oxydation excessive ou une exhalation d'acide carbonique surabondante.

137. Depuis la découverte de l'oxygène on a proposé sur la respiration des *théories* bien diverses. Pour saisir l'ensemble des phénomènes respiratoires il faut, outre les faits précédemment exposés, prendre en considération certains rapports physiques dont nous allons parler.

Les *conditions purement mécaniques* de la respiration sont connues par la physique générale. Nous savons que les voies aériennes, depuis la trachée-artère jusqu'aux cellules pulmonaires, se contractent et se dilatent alternativement par l'effet des mouvements respiratoires, et qu'une partie assez faible seulement de l'air qu'elles contiennent se trouve expulsée, puis remplacée par de l'air extérieur.

Ce dernier ne peut pas se mélanger immédiatement d'une manière intime avec l'air qu'il rencontre dans les ramifications de plus en plus déliées des bronches ; ce n'est que successivement, et d'après les lois de la *diffu-*

sion des gaz, que s'établit l'échange entre l'air préexistant et l'air nouvellement introduit : aussi on a trouvé par l'expérience directe que l'air contenu dans les parties les plus reculées des bronches renferme plus d'acide carbonique que celui qui se trouve à une moindre profondeur, et qu'enfin c'est dans l'air des cellules pulmonaires mêmes que l'acide carbonique est le plus abondant.

Il est plus difficile d'expliquer comment se fait l'échange entre l'air des cellules pulmonaires et l'air du sang, à travers les membranes animales. Nous avons déjà vu que l'on ne peut faire, sur l'air dissous dans le sang, des expériences aussi exactes et aussi nombreuses que sur l'air inspiré ou expiré; nous ne pouvons donc connaître quelle est, à un instant donné, la constitution de l'air dissous; il nous manque ainsi le second élément indispensable pour l'établissement de la théorie des phénomènes respiratoires. Aussi, avant de comprendre ce qui se passe dans le poumon, faut-il remonter aux sources des gaz contenus dans le sang, et notamment à la source de l'acide carbonique.

L'*acide carbonique* se forme principalement pendant le jeu des organes, et par suite des réactions chimiques qui s'y produisent. Ce fait résulte de la présence constante de l'acide carbonique dans les sucs extraits de tous les tissus, de tous les organes; il ressort aussi d'observations faites sur certains organes isolément, par exemple sur des muscles, dans lesquels se manifeste au plus haut point l'activité vitale. Il est parfaitement démontré que des muscles (de grenouille) bien

préparés absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique, lors même qu'on en aurait retiré tout le sang, aussi longtemps que leur irritabilité persiste et qu'on peut y faire naître des commotions; le dégagement cesse quand on place le muscle dans un gaz irrespirable. C'est donc l'organe lui-même qui détermine l'échange gazeux et la production de l'acide carbonique; c'est de l'organe que cet acide est emporté par le sang, et qu'il arrive, après de longs détours, jusqu'au poumon, d'où il est enfin rejeté dans l'atmosphère. La physiologie comparée nous apprend d'ailleurs aussi que l'acide carbonique prend naissance dans le parenchyme des organes; on remarque, par exemple, que, chez les insectes, l'air atmosphérique est porté par les trachées jusque dans les parties les plus reculées des organes, et que c'est là que s'opère l'échange entre l'oxygène et l'acide carbonique.

Avant d'arriver à l'échange qui s'opère dans les poumons, nous devons signaler chez les animaux supérieurs *un autre échange qui s'effectue entre l'oxygène dissous dans le sang des capillaires et l'acide carbonique des sucs dont le parenchyme est imprégné*. La différence entre la composition des gaz dissous dans le sang veineux et celle des gaz dissous dans le sang artériel démontre d'une manière incontestable que les capillaires abandonnent de l'oxygène, tandis qu'ils se chargent d'acide carbonique.

Ces faits n'autorisent en aucune façon à conclure que tout l'acide carbonique prend naissance au contact du parenchyme, et que tout l'oxygène absorbé est amené à ce dernier à l'état de simple dissolution dans le sang.

Plus d'un fait démontre qu'*une partie de l'oxygène absorbé entre en combinaison déjà dans le sang artériel ;* nous rappellerons à ce propos seulement que le sang absorbe une quantité d'oxygène bien plus grande que celle dont il est susceptible de se charger mécaniquement, et que cette absorption est indépendante de la pression extérieure, tandis qu'elle augmenterait évidemment avec cette pression si elle n'était que le résultat d'une dissolution pure et simple (voy. page 128). Il ne faut pas, du reste, oublier que le sang, en traversant les capillaires des poumons, c'est-à-dire après avoir abandonné son acide carbonique et avoir absorbé de l'oxygène, éprouve des transformations qui ne peuvent être expliquées que par une action chimique de l'oxygène (voy. page 148) ; qu'enfin la matière contenue dans les globules, matière qui fournit l'hématocristalline, est plus apte encore à subir l'action chimique de l'oxygène que la plupart des autres corps albuminoïdes (voy. page 127). Quelque instables que puissent donc être les combinaisons où l'oxygène se trouve engagé dans le sang artériel, il s'y trouvera certainement retenu avec autant de force que le second atome d'acide carbonique dans le bicarbonate de potasse.

De ce que l'oxygène existe, en partie du moins, à l'état de combinaison chimique dans le sang artériel, il ne résulte point qu'il se forme déjà de l'acide carbonique et de l'eau dans ce sang. Les globules du sang, les véritables véhicules de l'oxygène, n'éprouvent des transformations appréciables que dans les capillaires de la grande circulation, de sorte qu'il faudrait placer

dans ces capillaires le véritable siége de la production de l'acide carbonique, si les faits précédents ne démontraient d'une manière évidente qu'une grande partie au moins de l'acide carbonique a son origine dans le jeu des organes, et dans les réactions chimiques qui s'y accomplissent. D'ailleurs *une certaine quantité d'acide carbonique*, bien moindre, il est vrai, *prend aussi naissance dans le sang artériel*. Celui-ci, en effet, contient toujours une proportion d'acide carbonique si notable, qu'on ne saurait admettre que cet acide provienne du sang veineux, par suite d'un échange imparfait qui aurait eu lieu dans le poumon (on sait que la quantité absolue de l'acide carbonique extrait du sang artériel surpasse celle du sang veineux : voy. page 128). La formation partielle de l'acide carbonique dans le sang artériel résulte d'ailleurs encore de la rapidité avec laquelle les sels à acides organiques et le sucre disparaissent du sang et se transforment en eau et acide carbonique; on ne saurait admettre que ces substances pénètrent dans le parenchyme des organes avant d'y être brûlées.

138. Après avoir démontré que cet échange d'oxygène et d'acide carbonique, qu'on appelle respiration, n'est pas limité à une région circonscrite de l'organisme ; qu'il se produit déjà un échange de matières gazeuses dans les bronches, soit par transport mécanique, soit par diffusion ; qu'un échange gazeux très intense s'opère aussi dans le parenchyme de tous les organes et dans les capillaires des vaisseaux sanguins, il nous reste à chercher d'après quelles lois s'effectue l'échange entre les éléments

de l'air inspiré et ceux des gaz condensés dans le sang des capillaires du poumon, à travers la muqueuse humide des cellules pulmonaires.

Dans l'état actuel de la science, deux lois physiques peuvent surtout conduire à la solution de cette question.

D'après l'une de ces lois, *la quantité ou le volume du gaz absorbé par un liquide est proportionnelle à la pression sous laquelle se trouve après l'absorption le gaz qui reste au-dessus de la surface du liquide.*

D'après l'autre loi, *lorsqu'un mélange de plusieurs gaz est absorbé par un liquide, la quantité de chaque gaz qui est absorbée dépend de sa pression individuelle* (laquelle est d'ailleurs indépendante de la pression totale). Or, si le sang renferme plus d'*acide carbonique* que la pression sous laquelle se trouve l'acide carbonique des cellules pulmonaires n'en peut maintenir en dissolution dans le sang, il se dégagera de ce liquide une quantité d'acide carbonique telle, que ce qui reste dissous soit précisément égal à ce qui se redissoudrait dans le sang supposé privé d'acide carbonique sous une pression égale à celle sous laquelle se trouve l'acide carbonique des cellules. La quantité d'acide carbonique qui se dissoudrait alors dans les poumons dépendrait donc aussi bien de la quantité d'acide carbonique condensé dans le sang que de la quantité du même gaz déjà contenu dans les cellules.

Quant à l'*oxygène*, selon les circonstances où le corps de l'animal se trouve placé, il devra, d'après les lois précédentes, éprouver un mouvement en sens précisément contraire. Le sang qui arrive dans les poumons

n'est pas chargé d'oxygène; sous la pression sous laquelle ce gaz se trouve dans les poumons, le sang peut en absorber une quantité plus grande. La tension de l'oxygène contenu dans les cellules pulmonaires est si grande, qu'elle peut déterminer l'absorption, par le sang, d'une nouvelle quantité de ce gaz. *L'acide carbonique et l'oxygène sont donc tout à fait indépendants l'un de l'autre; leur échange* n'a pas lieu par suite d'un déplacement réciproque, mais il *est déterminé par la proportion suivant laquelle chacun de ces deux gaz est condensé dans le sang et par la tension que le gaz correspondant possède dans l'air des cellules pulmonaires.*

Mais si ces lois d'absorption doivent servir de base à toute théorie de la respiration, il est aussi à noter que tout l'oxygène ne se trouve pas seulement dans le sang à l'état de dissolution purement mécanique, mais qu'une partie de ce gaz y est aussi engagée dans de véritables combinaisons chimiques; toutefois cette circonstance n'exerce pas une grande influence sur le premier passage de l'oxygène dans le sang. L'état d'humidité des membranes, qui fait varier leur perméabilité pour les gaz est sans doute plus important; mais on ne connaît pas encore les effets qu'il produit sur ces mouvements de gaz.

139. Nous parlerons, dans le chapitre suivant, de l'influence que la respiration exerce sur l'ensemble des transmutations de l'économie. Ordinairement on rattache à la théorie de la respiration celle de la *chaleur animale*, en considérant la production de cette chaleur comme l'effet principal de la respiration. Toutefois la

chaleur animale n'est pas la conséquence immédiate de l'introduction de l'oxygène dans l'économie; à proprement parler, elle ne se développe pas dans le poumon, mais elle résulte de l'ensemble des phénomènes d'oxydation qui ont lieu sur divers points de l'organisme. Les expériences qui ont été faites dans le but de comparer la chaleur animale avec la quantité de nourriture ingérée, ou plutôt avec sa valeur calorifique, ont démontré qu'un vingtième au moins de la quantité de chaleur développée dans l'organisme ne peut être attribué à la combustion des aliments (cette combustion ne produirait donc que les $\frac{19}{20}$ de cette quantité); mais on n'est nullement autorisé pour cela à admettre que ce vingtième soit dû à une force organique particulière; en effet, les expériences d'après lesquelles on calcule ordinairement les quantités de chaleur produites par la combustion des diverses substances, n'ont pas un degré de précision tel que les calculs qu'on en déduit puissent être pris pour l'expression rigoureuse de la vérité; il serait, du reste, fort étonnant que toutes les autres réactions chimiques qui s'accomplissent dans l'organisme n'eussent pas aussi leur part d'influence dans le développement de la chaleur animale. Il n'est donc pas nécessaire, pour rendre compte de la différence entre la chaleur totale développée et la chaleur provenant de la combustion des aliments, d'avoir recours à l'action nerveuse dont les effets sont encore si problématiques.

Si, dans les pages précédentes (voy. pages 307 et 313) nous n'avons pas considéré les hydrates de carbone et les matières grasses comme simplement destinés à la

production de la chaleur, et si nous avons encore attribué d'autres fonctions à ces substances, nous sommes parti de cette idée que la chaleur animale n'est pas le but unique, le but final des mouvements des matières non azotées. La chaleur animale n'a pas une importance plus grande que tout autre phénomène de l'économie, que toute autre manifestation de l'activité vitale. Elle est, comme la combustion, à la fois la cause et l'effet de réactions qu'à son tour elle favorise; elle n'est que la conséquence nécessaire de l'ensemble des transformations chimiques.

Nutrition.

140. La nutrition résulte en quelque sorte de l'ensemble de toutes les réactions que nous avons étudiées jusqu'à présent. C'est ici le moment de se demander quelles sont les proportions des matières amenées du dehors qui prennent part à la conservation des fonctions vitales. Les substances albuminoïdes, les matières grasses, les hydrates de carbone et certains sels étant les agents des transformations de l'organisme, ces corps principalement devront être contenus dans les matériaux nécessaires à l'entretien des fonctions, c'est-à-dire dans les aliments. Les matières grasses, le sucre, qui prennent naissance au sein même de l'organisme, ne sauraient suffire à ce but. L'expérience a prouvé, du reste, que les aliments les meilleurs et les plus fortifiants sont précisément ceux dans lesquels prédominent des représentants des quatre classes de ces importantes

matières nutritives ; le lait nous offre à ce sujet l'exemple le plus concluant. Des expériences nombreuses enseignent aussi qu'aucun être vivant ne peut être nourri exclusivement avec un aliment dans lequel l'un de ces quatre groupes ne serait pas représenté. Comme ces quatre espèces de principes sont sans cesse dépensés, transformés et rendus impropres à la vie, il faut que les pertes (liquides ou tissus, corps pondérables et impondérables) soient sans cesse compensées par de nouveaux matériaux, pour que les phénomènes vitaux puissent se continuer sans interruption. La *restitution doit donc toujours être proportionnée à la dépense.*

La *valeur nutritive* d'une matière alimentaire est essentiellement subordonnée aux proportions suivant lesquelles y entrent les quatre espèces de principes nutritifs, et aux besoins individuels de l'organisme. Pour établir scientifiquement le pouvoir nutritif d'une matière complexe, il faut donc toujours avoir égard à sa teneur en principes nutritifs et aux circonstances dans lesquelles l'économie exige plus ou moins l'affluence de tous les principes nutritifs, ou de quelques-uns d'entre eux seulement, soit pour la conservation de l'organisme dans son intégrité, soit pour le développement de certaines forces. Ces deux points sont à étudier par des déterminations numériques ; les observations chimiques et statistiques fournissent des données fondamentales pour cette partie de la physiologie. Du reste, après ce que nous avons dit en traitant de la digestion, il est à peine besoin de rappeler que la facilité plus ou moins grande avec laquelle une substance peut être digérée

est aussi l'un des éléments de la valeur nutritive d'une matière alimentaire; celle-ci peut, en effet, contenir les substances nécessaires à la nutrition dans les proportions les plus convenables, et posséder cependant une valeur nutritive moindre qu'une autre matière, si les principes alimentaires qu'elle renferme y sont moins accessibles à l'action des sucs digestifs.

Pour obtenir approximativement des notions sur la valeur nutritive des divers aliments, les physiologistes, portant principalement leur attention sur la quantité de principes azotés qu'ils contiennent, ont cru trouver dans la proportion de l'azote la mesure de leur valeur nutritive. Toutefois, comme les matières azotées ne peuvent en aucune façon suffire seules à la nutrition; que, d'un autre côté, les matières donnant de la gélatine ont un pouvoir nutritif bien moindre que les matières albuminoïdes, et que la valeur nutritive de celles-ci dépend beaucoup de la facilité plus ou moins grande avec laquelle elles sont digérées; il est évident que la quantité d'azote renfermée dans les aliments ne donne pas la mesure de leur valeur nutritive. Outre ces matières azotées, servant à la régénération des tissus, et nommées pour cette raison *matières plastiques*, il a donc aussi fallu prendre en considération les substances non azotées, susceptibles d'être digérées et servant principalement à l'entretien de la chaleur animale. Mais cela ne suffit pas encore; nous avons vu, en nous occupant d'une manière générale des transmutations de l'organisme (et des expériences faites directement sur des animaux le prouvent d'ailleurs), que certains sels sont indispensables à la

nutrition, et que, par conséquent, leur présence influe essentiellement sur la valeur nutritive des aliments. Toutefois les expériences qu'on a faites jusqu'ici sur les matières alimentaires ne s'étendent guère qu'aux rapports qui y existent entre les principes plastiques et les principés non azotés, tels que les matières grasses et les hydrates de carbone assimilables, et même, en dressant les tableaux comparatifs des résultats, on s'est trouvé obligé, faute de déterminations suffisamment exactes, de négliger les matières grasses, ou de les exprimer, sous le rapport de la quantité de chaleur qu'elles peuvent produire, par leurs équivalents d'hydrates de carbone. C'est ce qui a été fait dans le tableau suivant, indiquant le rapport entre les principes plastiques et les principes non azotés contenus dans différentes matières alimentaires; on y compte 10 parties de matière grasse comme l'équivalent de 24 parties de fécule.

	Principes plastiques.	Principes non azotés.
Lait de vache.....	10	30 { 8,8 matières grasses. 10,4 sucre du lait.
— de femme.....	10	40
Lentilles	10	21
Fèves de marais.....	10	22
Pois.....	10	23
Viande de mouton.....	10	27 = 11,25 mat. grasses.
— de porc.....	10	30 = 12,5 —
— de bœuf.....	10	17 = 7,08 —
— de lièvre.....	10	2 = 0,83 —
— de veau.....	10	1 = 0,41 —
Farine de froment.....	10	46
— d'avoine.....	10	50
— de seigle.....	10	57
Orge.....	10	57
Pommes de terre blanches.	10	86
— bleues...	10	115
Riz.....	10	123
Farine de sarrasin.....	10	130

La physiologie ne peut pas se contenter de ces estimations; sans doute elles peuvent donner une idée de la valeur approximative des aliments considérés comme matières plastiques et comme agents de respiration, mais nous savons que les matières grasses et les hydrates de carbone ont à remplir dans l'économie d'autres fonctions toutes spéciales; d'ailleurs, des expériences directes apprennent que, dans les aliments, les hydrates de carbone ne peuvent pas remplacer entièrement les matières grasses. Nous ne pouvons donc encore, dans l'état actuel de nos connaissances, dire quelles sont les proportions

des quatre principes nutritifs les plus avantageuses pour l'accomplissement des fonctions vitales; la solution de ce problème réclame encore des expériences nombreuses et détaillées. Pour le moment, si nous voulons savoir à peu près les proportions qui conviennent le mieux au développement du corps humain pendant la croissance, nous ne pouvons que nous en rapporter à la constitution de la nourriture fournie à l'enfant par la nature elle-même, c'est-à-dire à la constitution du lait de femme. La proportion la plus favorable entre ces quatre principes serait, d'après cela : principes plastiques, 10; matières grasses, 10; sucre, 20; sels, 0,6.

On possède du reste quelques observations, peu nombreuses, il est vrai, qui indiquent que la présence dans les aliments, des quatre principes nutritifs à la fois, est indispensable à l'entretien de la vie; on a vu, par exemple, des tourterelles nourries exclusivement de matières albuminoïdes et de sucre, périr absolument comme si elles n'avaient reçu aucun aliment solide. On a même constaté que lorsque les quatre principes existent dans les aliments, mais que l'un d'eux prédomine beaucoup sur les autres, la nutrition ne se fait qu'imparfaitement : ainsi on a trouvé que les pommes de terre et les betteraves seules ne suffisent pas pour nourrir une vache.

En cherchant à déterminer les proportions les plus avantageuses pour les principes nutritifs, il ne faut pas s'imaginer que ces proportions doivent rester les mêmes dans toutes les circonstances; elles varient, au contraire, avec l'état de l'organisme; de même que les besoins de

l'économie n'exigent pas toujours la même quantité absolue de nourriture, de même ils ne réclament pas non plus toujours les mêmes proportions des divers principes nutritifs. L'examen du lait prouve, en effet, que sa composition se modifie sans cesse avec la croissance de l'enfant; le rapport des principes offerts au nouveau-né est constant, mais il est tout différent du rapport des mêmes principes contenus dans le lait destiné au jeune animal qui respire depuis un certain temps avec ses poumons.

D'une espèce animale à l'autre, ces rapports changent considérablement; bien qu'ils dépendent en partie aussi du régime alimentaire de la mère, ils n'en restent pas moins constants, dans une même espèce, lorsque le jeune animal se trouve dans les mêmes conditions.

On ne saurait douter, d'après ce qui précède, que la prospérité de l'organisme ne dépende des proportions suivant lesquelles sont mélangés les quatre principes alimentaires; il est certain aussi que les métamorphoses vitales exigent absolument leur concours simultané. Quelles que soient les variations que la nature puisse admettre dans ces proportions, une prédominance démesurée de l'un ou l'autre principe produit toujours un effet préjudiciable à la marche régulière de la nutrition, dont chaque phase réclame l'intervention de tous les quatre principes alimentaires. Dans des expériences sur l'engraissement des animaux, on a toujours reconnu que les hydrates de carbone ne peuvent suffire à la production de la graisse; pour que celle-ci se développe, il est nécessaire que les matières albuminoïdes et les sels

interviennent également; ce n'est que par l'action réciproque de toutes ces substances que la graisse peut se former; il est même à croire qu'une petite quantité des matières grasses amenées du dehors est, sinon absolument indispensable, du moins très utile pour la formation de la graisse dans l'organisme.

141. On est mieux fixé sur les *quantités absolues de nourriture* nécessaires à l'entretien de la vie et à l'accomplissement énergique de toutes les fonctions, que sur les proportions les plus avantageuses qui doivent exister entre les principes alimentaires. Toutefois la question, considérée sous cette nouvelle face, n'est pas non plus entièrement élucidée par les expériences nombreuses qui ont été tentées. Pour trouver les quantités absolues de nourriture réclamées par l'organisme, on a déterminé le poids total des matières rejetées, et on l'a comparé au poids des substances introduites dans l'économie, en admettant que les besoins de la nutrition étaient proportionnés aux pertes observées. Mais quelque simple et judicieuse que cette manière d'opérer paraisse, au premier abord, elle est cependant sujette à bien des difficultés. En effet, l'*abondance des excrétions dépend plutôt de la quantité des matières introduites dans l'économie que les besoins de l'économie ne dépendent de la quantité des matières rejetées au dehors*. En nous occupant de la sécrétion urinaire et de la respiration, nous avons vu que l'organisme peut s'approprier des quantités de matières nutritives bien supérieures à celles que réclame l'entretien des fonctions vitales, et qu'alors aussi la masse totale des excrétions est sensiblement

proportionnée à la quantité de la matière absorbée. On a donc fait des expériences d'inanition, c'est-à-dire qu'on a privé des animaux de toute espèce de nourriture, afin de déterminer les quantités de matière excrétée dans ces conditions. On est sans doute arrivé, par ce procédé, à trouver le *minimum de nourriture* nécessaire à l'entretien de la vie ; mais ces expériences ne donnent pas les quantités de nourriture nécessaires pour maintenir l'animal dans un bien-être complet et pour assurer l'exercice intégral de son activité. Si l'on ne donnait à un animal qu'une nourriture proportionnée aux excrétions trouvées dans les expériences d'inanition, cet animal n'aurait qu'une existence extrêmement pénible et n'arriverait jamais au plein usage de ses forces.

En donnant, au contraire, à un animal la nourriture à discrétion, on retomberait dans le cas précédemment mentionné; l'animal prendrait et absorberait alors bien plus de nourriture qu'il ne lui en faudrait pour l'accomplissement de toutes ses fonctions. Ce serait là, comme on dit, une *consommation de luxe*, par l'effet de laquelle une très grande partie des matières absorbées se trouverait rejetée sans altération, ou, du moins, ne contribuerait pas à la formation des cellules, des fibres et des tissus. On parviendrait, par cette voie, à connaître tout au plus les *quantités maxima de matières nutritives* capables de prendre part aux transmutations de l'organisme.

La connaissance de ces maxima présente d'ailleurs autant d'intérêt que celle des minima. Cependant, lorsqu'on veut obtenir des résultats utiles, il faut avoir soin

que l'animal soumis à l'expérimentation ne soit plus dans la période de croissance ni dans l'état qu'on désigne sous le nom d'engraissement; car, dans l'un et l'autre cas, une certaine quantité de la matière assimilée se trouve retenue dans le corps, et empêche ainsi l'appréciation exacte de l'échange nutritif.

Enfin il est évident que la consommation de l'organisme est plus grande dans les cas de surexcitation des fonctions vitales et de dépense de force considérable ou prolongée, que dans l'état de repos ou de végétation passive. Le besoin de nourriture augmente d'autant plus que l'activité de l'organisme se dirige davantage vers l'extérieur (*consommation par le travail*).

142. Il résulte de tout ce qui précède que le besoin de nourriture est sujet à de très grandes variations et qu'il est, par suite, extrêmement difficile de fixer à cet égard des chiffres certains.

On pourrait obtenir des résultats plus exacts et plus concluants, si l'on savait apprécier deux conditions qui exercent une grande influence sur la nutrition, savoir, les quantités qui, pour chacune des substances nutritives, peuvent être absorbées dans l'intestin, et les changements que le sang subit par l'ingestion de quantités déterminées de divers mélanges de principes nutritifs. Bien qu'on ait tenté, sur ces deux questions, des expériences laborieuses et faites avec soin, elles ne possèdent pas cependant un degré suffisant d'exactitude et de concordance pour que les nombres qu'elles ont fournis puissent servir à l'explication des réactions nutritives.

En opérant sur des canards, on a trouvé que les ma-

tières alimentaires sont absorbées dans l'intestin, environ dans les proportions suivantes :

Matières albuminoïdes	100
Gélatine	336
Graisse	65
Fécule	401
Sucre	429

D'après d'autres expériences (effectuées malheureusement sur des mammifères d'espèces différentes), on peut admettre qu'un animal, pour chaque kilogramme qu'il pèse, ne peut absorber, par l'intestin, dans l'espace d'une heure, que les quantités suivantes :

	gr.
Matières albuminoïdes	0,710
Matières grasses	0,465
Sucre	4,500

143. Les résultats relatifs à l'*influence des aliments sur la constitution chimique du sang* présentent encore moins de certitude. Voici ceux qu'on a obtenus :

Un *régime animal* augmente la faculté qu'ont les globules du sang de se précipiter ; la couleur du sang devient un peu plus foncée ; la coagulation est un peu hâtée ; la proportion de la fibrine augmente dans le sang, ainsi que celle des phosphates et des sels en général.

Une *nourriture riche en matières grasses* détermine, une heure déjà après le repas, une augmentation dans la proportion des matières grasses du sang ; cette augmentation est de peu de durée ; une alimentation longtemps prolongée, faite avec de semblables substances,

n'augmente pas la proportion moyenne des matières grasses dans le sang.

Un *régime végétal* rend le sang un peu plus clair, retarde la précipitation des globules, n'altère point les proportions de la fibrine, mais diminue un peu les proportions des matières salines, et notamment des phosphates.

Après un repas, la proportion des principes solides augmente dans le sang pendant neuf heures; elle diminue ensuite de nouveau.

Ces résultats sont trop incomplets pour permettre de suivre, dans leurs différentes phases, les métamorphoses que les principes alimentaires subissent dans l'économie; aussi sommes-nous obligé de consulter, pour cela, quelques observations statistiques que nous allons donner.

144. La question suivante est l'une des premières qu'on ait tenté de résoudre par des déterminations quantitatives : *De quelle manière se distribuent, dans les diverses excrétions, les produits qui résultent du dédoublement des matières alimentaires dans l'organisme?* Il n'est pas encore possible d'en donner une solution précise et générale; cela tient à ce que les expériences qui ont eu pour but de l'étudier, ont été effectuées sur des animaux d'espèces différentes, nourris avec des quantités différentes de substances alimentaires variées, et dans des conditions d'ailleurs fort diverses. Nous ne saurions donc pour l'homme, par exemple, préciser les rapports qui existent entre les quantités des principes alimentaires absorbés et les quantités de leurs produits de

transformations ultimes contenues dans les excrétions. Suivant la nature des aliments, on trouve en effet, chez les carnivores et les herbivores, des différences très notables relativement à la distribution des éléments dans les diverses excrétions. Lors même que ces différences sont souvent faciles à expliquer, cependant il n'est pas aisé, en général, d'établir pour elles des évaluations comparatives. Ainsi, lorsqu'on cherche dans les excrétions les éléments des substances alimentaires, on trouve que chez les carnivores il en passe une bien plus forte proportion dans l'urine et dans la transpiration que chez les herbivores. Toutefois cette différence ne provient pas de ce que les transmutations ne sont pas les mêmes chez les deux classes d'animaux ; elle résulte simplement de ce que, chez les herbivores, une quantité considérable de substances impropres à la digestion, ou du moins inattaquables par les sucs digestifs, est introduite dans l'organisme par les aliments et est rejetée sans altération avec les excréments solides.

Abstraction faite de cette circonstance, on constate cependant, chez les herbivores et les carnivores, des différences dans les quantités des matières qui interviennent dans les transmutations de l'organisme. Chez les premiers, en effet, il y a bien moins d'*eau* absorbée dans l'intestin que chez les derniers. La différence est très considérable ; chez les chevaux et les vaches, par exemple, la moitié seulement de l'eau qui arrive dans l'intestin y est absorbée ; chez les chiens et les chats, au contraire, l'absorption s'élève aux $\frac{17}{20}$ de la quantité d'eau totale. De plus, chez les herbivores, 15 à 20 pour 100

de l'eau ingérée ou de celle qui provient des aliments s'en va par les urines, tandis que chez les carnivores la proportion s'en élève à 80 pour 100.

Chez les herbivores, le *carbone* est rejeté en bien plus grande proportion par le poumon que chez les carnivores : chez les premiers, le rapport entre le carbone contenu dans l'urine et le carbone de l'air expiré, est de 1 à 19; chez les carnivores, de 1 à 9,5. Cette différence peut s'expliquer par la nature de l'alimentation. Chez les carnivores, l'urée qui résulte de la transformation des principes azotés des aliments entraîne avec elle beaucoup de carbone non brûlé; chez les herbivores, au contraire, les matières alimentaires, formées essentiellement d'hydrates de carbone, éprouvent une combustion complète et se transforment en eau et en acide carbonique; ce dernier est presque entièrement rejeté par la respiration. Il est difficile d'admettre que ces différences soient le résultat de l'organisation spéciale de ces deux classes animales.

On trouve aussi des relations analogues pour l'*hydrogène*, selon le genre d'alimentation de l'animal. Le rapport entre l'hydrogène rejeté par la sécrétion urinaire et l'hydrogène qui s'en va par la respiration, est, pour les herbivores, de 1 à 23,0; pour les carnivores, de 1 à 3,3.

Quant à l'*azote*, les différences ne sont pas moins saillantes. Chez les herbivores, 40 centièmes de l'azote contenu dans les substances albuminoïdes absorbées sont souvent rejetés par la respiration et la transpiration; chez les carnivores, la proportion du même

azote atteint à peine 1 centième. La cause de cette différence n'est pas aisée à saisir ; il faudrait, pour s'en rendre compte, admettre que dans l'organisme des herbivores les phénomènes d'oxydation sont si énergiques, qu'une grande partie de l'urée se trouve décomposée, tandis que chez les carnivores elle est rejetée sans altération par les urines ; l'absence totale de l'acide urique dans l'urine des mammifères herbivores semble justifier cette manière de voir. Les expériences faites jusqu'ici n'autorisent pas à admettre que le renouvellement de la peau, la croissance des poils et leur chute, qui consomment une grande quantité d'azote, se fassent d'une manière plus active chez les herbivores que chez les carnivores, et puissent expliquer les différences que nous signalons.

S'il paraît résulter de quelques expériences dont nous parlerons plus loin, que tout l'azote des aliments est rejeté chez les carnivores à l'état d'urée, il existe aussi d'autres faits (voy. page 227) qui démontrent que, par une nourriture animale insuffisante, l'azote ingéré ne se retrouve pas dans l'urine sous forme d'urée.

La proportion d'urée contenue dans les urines ne peut donc conduire à aucune conclusion certaine, relativement aux transformations que les matières azotées éprouvent dans l'économie.

Pendant l'inanition, c'est-à-dire lorsque les transmutations s'accomplissent sans que les pertes de l'organisme se trouvent compensées, les proportions entre les éléments de l'urine et ceux des produits de la transpiration sont à peu près les mêmes que par une alimentation

composée de viande grasse. La raison en est fort simple : pendant l'inanition, l'organisme se nourrit pour ainsi dire de ses propres tissus.

Une relation intéressante, au point de vue de l'excrétion des éléments, est offerte par la bile lorsque, au lieu de se répandre dans l'intestin, elle est épanchée au dehors au moyen d'une fistule pratiquée sur la vésicule du fiel. Que la quantité de substances animales ingérées soit forte ou faible, 10 à 12 centièmes du carbone absorbé et 11 à 13 centièmes de l'hydrogène ingéré sont constamment rejetés avec la bile; par les urines, il s'en échappe au contraire autant que si la bile s'écoulait dans l'intestin et s'y trouvait absorbée; le carbone et l'hydrogène enlevés par la bile manquent dans les produits de la respiration, ce qui démontre bien que la bile, après avoir été résorbée, est ultérieurement employée par la respiration. Quant à l'azote, 3 à 3,2 centièmes de celui qui a été ingéré passent seuls dans la bile; quand elle est épanchée au dehors, cette perte se fait sentir sur l'azote de l'urine.

145. Les expériences faites sur des chats ont établi que le minimum de nourriture pour les carnivores, dans vingt-quatre heures, correspond environ à $\frac{1}{23}$ du poids total du corps, et que l'oxygène nécessaire pour brûler cette dose de matières alimentaires équivaut à peu près à $\frac{1}{55}$ du poids du corps. Pendant l'inanition, au contraire, le corps d'un carnivore ne perd dans les vingt-quatre heures (du troisième au neuvième jour de l'inanition), que la quarante-sixième partie environ de son poids. Divers carnivores (les chats, par exemple)

peuvent cependant faire intervenir dans leur nutrition une quantité de nourriture azotée s'élevant jusqu'à $\frac{1}{9}$ du poids de leur corps ; l'oxygène nécessaire pour en opérer la combustion représente à peu près $\frac{1}{24}$ de ce poids. Toutefois il ne faut considérer ces nombres que comme des limites approximatives ; car les expériences de plusieurs observateurs ont souvent conduit à des résultats assez différents des précédents.

Si l'on compare les produits d'excrétion qu'on obtient par une alimentation animale abondante avec ceux du même régime restreint, on remarque tout d'abord une proportionnalité assez exacte entre la quantité des aliments ingérés et la masse des excrétions ; l'augmentation ou la diminution de la quantité de nourriture animale ingérée est donc sans influence sur les rapports qui existent entre les différentes excrétions et sur la nature de ces excrétions. Dans tous les cas, le rapport entre l'oxygène absorbé dans la respiration et l'oxygène expiré à l'état d'acide carbonique est de 100 à 79,3.

Cependant lorsque l'ingestion de la nourriture animale est encore plus considérable, on observe une différence dans le rapport entre l'eau et l'acide carbonique expirés ; lorsque la nourriture animale est insuffisante, il s'excrète plus d'eau que d'acide carbonique, et il passe plus d'eau par les urines et les fèces ; par un régime animal insuffisant, avec privation totale de boisson, le changement du rapport précédent entre l'eau et l'acide carbonique expirés est tel, qu'il passe par la peau et le poumon bien plus d'eau que d'acide carbonique.

Le tableau suivant résume les résultats des expé-

riences sur lesquelles sont fondés les rapports que nous venons d'exposer. Les trois colonnes de chiffres se rapportent à trois conditions différentes d'alimentation :

I. Minimum de nourriture, avec boisson à discrétion.

II. Maximum de nourriture, avec boisson à discrétion.

III. Nourriture animale normale, avec privation de boisson.

	I.	II.	III.
Viande ingérée (sèche).....	100,0	100,0	100,0
Oxygène absorbé.....	167,0	166,0	167,3
Principes solides de l'urine....	31,3	30,4	30,6
— des fèces.....	1,7	2,5	1,7
Acide carbonique expiré.....	182,0	181,4	182,6
Vapeur d'eau expirée.....	137,6	76,4	152,6

Ces résultats indiquent que la viande, ingérée dans des conditions différentes, éprouve dans l'organisme la même combustion que si elle était brûlée dans une grille à analyse : 1 partie de viande sèche se transforme, dans l'un et l'autre cas, avec le concours de 1,67 parties d'oxygène, en 0,31 parties de principes de l'urine, 0,02 parties de matière fécale, et 1,82 parties d'acide carbonique.

La viande maigre employée pour ces expériences contient 19,56 pour 100 de matières albuminoïdes ou de principes donnant de la gélatine, 4,74 pour 100 de matières grasses, 1,00 pour 100 de matières minérales, et 74,70 pour 100 d'eau. L'urine rendue par une alimentation faite avec cette viande renferme après dessiccation, en moyenne, 85,5 pour 100 d'urée et 14,5 pour 100 de matières salines (contenant 2,3 pour 100 d'acide sulfu-

rique) ; les excréments solides desséchés renferment, en moyenne, 63 pour 100 de résidus biliaires. Il résulte de tous ces nombres la balance suivante pour chaque kilogramme du poids d'un carnivore, en admettant que la nourriture correspondant à ce poids soit de 50 grammes de viande maigre par vingt-quatre heures :

CONSOMMATION par 1000 grammes du poids de l'animal.	Eau.	Matières albuminoïdes et dérivés.	Matières grasses.	Matières salines.
50,000 gr. de viande..	37,350	9,780	2,570	0,310
21,125 gr. d'oxygène..				
Total. . 71,125 gr.				

EXCRÉTION par 1000 grammes du poids de l'animal.	Eau.	Acide carbonique.	Urée	Matières salines.	Excréments solides.	Bile.
39,468 gr. produits de la transpiration.	16,443	23,025	»	»	»	»
30,761 gr. d'urine. . .	26,839	»	3,33	0 569	»	»
0,806 gr. de fèces. . .	0,681	»	»	0,041	0,039	0,133
Total. 71,125 gr.	43,963			0,610		

Il est à peine nécessaire de rappeler que l'excédant de 6gr,615 d'eau, dans le second tableau, représente l'eau formée par la combustion respiratoire. L'excédant des matières salines provient de l'oxydation du soufre des albuminates.

D'après ces expériences, on voit que tout l'azote des aliments est rejeté de l'économie sous forme d'urée ;

cette conclusion n'est pas rigoureuse, comme le prouvent les expériences citées plus haut, et où il s'est toujours présenté un déficit. On ne saurait dire ce que devient cet azote qui ne reparaît pas dans l'urine ; on ne peut, à ce sujet, que hasarder des conjectures. Ce déficit est le plus élevé ($\frac{2}{3}$ de l'azote absorbé) par une alimentation animale insuffisante ; il est moins considérable ($\frac{1}{3}$ de l'azote absorbé) lorsque la nourriture suffit tout juste ; enfin il est encore moindre quand l'alimentation est très abondante. On a également observé que dans le cas où la nourriture animale renferme de la graisse, le déficit est bien plus faible, en sorte que la presque totalité de l'azote ingéré se retrouve alors dans l'urine. Enfin le déficit d'azote est encore déterminé par une consommation copieuse d'eau (voy. page 226).

146. Les métamorphoses des matières azotées, dans l'organisme, sont d'ailleurs considérablement modifiées par l'ingestion simultanée de matières exemptes d'azote. L'ingestion de la graisse, par exemple, restreint toujours la transformation des principes azotés du corps ; la sécrétion de l'urée est bien supérieure, pendant l'inanition, à ce qu'elle est dans le cas où l'animal se nourrit de matières non azotées. Généralement, après l'ingestion de viandes grasses, la quantité d'urée sécrétée est moindre que celle qui correspondrait à la somme des composés albuminoïdes absorbés ; cependant il se sécrète parfois aussi un peu plus d'urée que par un régime composé de viande maigre, parce que la présence de la graisse diminue le déficit d'azote. Ce qui empêche surtout de prendre les quantités d'urée sécrétées pour

mesure des métamorphoses des aliments azotés, c'est que, même chez des animaux adultes ou vieux, des quantités de substances azotées, tantôt plus grandes, tantôt plus petites, se transforment en tissus et restent ainsi dans l'organisme. N'oublions pas, d'ailleurs, qu'il arrive souvent, dans le cas d'une ingestion surabondante de matières grasses, que les principes azotés des aliments concourent à la formation des cellules destinées à loger la graisse, et que, dans le cas d'une ingestion surabondante de viande, la graisse introduite ou formée dans l'économie sert fréquemment à composer des tissus azotés.

Tous ces faits rendent très difficile l'appréciation quantitative des transmutations de l'organisme. Un grand nombre de questions qui s'y rapportent restent donc pour l'instant sans réponse et réclament de nouvelles recherches : telle est, par exemple, cette question si simple, de savoir si tous les composés albuminoïdes des aliments se transforment nécessairement en tissus avant de donner naissance à de l'urée, ou s'ils peuvent se transformer immédiatement, dans le sang, en urée, acide carbonique et eau. Les résultats des expériences faites jusqu'ici laissent le champ libre à tant d'interprétations, que l'on ne saurait encore, même avec tous les secours du raisonnement, arriver à aucune conclusion certaine.

147. Les expériences qu'on a faites sur des animaux *privés d'aliments solides* ne peuvent servir qu'à confirmer les propositions précédemment énoncées. Voici les résultats les plus dignes de foi : La perte totale de

poids qu'éprouve un animal depuis le commencement de l'inanition jusqu'à la mort varie d'une espèce à l'autre; la mort survient quand l'animal a perdu des 31 aux 52 centièmes du poids de son corps. Les mammifères carnivores, les chats, par exemple, perdent les 51,7 centièmes; comme leur existence peut se prolonger environ dix-huit jours après que toute nourriture leur a été enlevée, on trouve, pour la perte journalière, en moyenne, 2,87 pour 100. D'autres animaux ne perdent, en moyenne, que 4,2 pour 100 du poids de leur corps, pendant vingt-quatre heures; chez ces derniers, $\frac{1}{24}$ de la masse totale du corps disparaît donc, pendant ce temps, résultat qui s'accorde d'une manière satisfaisante avec celui que nous avons cité plus haut pour les animaux ne recevant que les aliments strictement nécessaires à l'entretien de la vie. Du premier au huitième jour, la perte de poids (chez les chats) diminue d'une manière assez exactement proportionnelle à la quantité d'acide carbonique exhalé; plus tard, l'exhalation de l'acide carbonique diminue plus lentement que le poids du corps, et pendant les deux jours qui précèdent la mort, c'est au contraire cette exhalation qui diminue avec le plus de rapidité.

La sécrétion urinaire décroît d'abord bien plus vite que le poids du corps; elle lui reste ensuite presque exactement proportionnelle jusqu'au seizième jour, et comme l'exhalation de l'acide carbonique diminue beaucoup pendant les deux derniers jours, l'urine devient plus riche en acide phosphorique et en matières extractives; les chlorures en disparaissent dès les premiers

jours. Le rapport entre les phosphates et les sulfates reste d'ailleurs constant pendant toute la durée de l'inanition.

Les carnivores (les chats, par exemple) soumis à ces sortes d'expériences perdent dans l'espace de vingt-quatre heures, par la transpiration, 2,16 pour 100 du poids de leur corps sous forme d'acide carbonique, et 1,6 pour 100 sous forme de vapeur d'eau ; par les urines, 0,20 pour 100 d'urée, 0,008 pour 100 d'acide sulfurique, 0,0011 pour 100 d'acide phosphorique, 0,029 pour 100 de matières solides (contenant 0,020 pour 100 de résidus biliaires); enfin par les urines et les fèces, 2,24 pour 100 d'eau liquide. On peut conclure de ces nombres qu'en moyenne, pendant l'inanition, il se décompose une quantité de matière musculaire équivalente à 0,611 pour 100, et une quantité de graisse correspondante à 0,442 pour 100 du poids du corps.

On a déterminé aussi les pertes de poids qu'éprouve chaque organe en particulier pendant l'inanition. Il résulte de ces expériences que la perte totale du corps est due principalement à la destruction du tissu musculaire, du sang et de la graisse. On a calculé que la moitié de la perte totale se répartit sur le tissu musculaire, un quart sur la graisse, un quart sur les autres tissus. On a trouvé, par exemple, que chez les chats, pendant une inanition de dix-huit jours, le sang avait perdu 93,7 pour 100 de son poids primitif, le tissu adipeux 80,7 pour 100, et le tissu musculaire 66,9 pour 100.

Voici les résultats qu'on a obtenus avec des animaux *privés d'aliments liquides :* Ces animaux prennent de

moins en moins de nourriture solide, en sorte que les excrétions diminuent considérablement. Pendant une période de douze jours d'inanition un chien rendait 60 grammes d'urine le premier jour, 24 grammes le septième, 7 grammes seulement le douzième; sa peau s'écaillait, ses poils tombaient (chez les oiseaux, il en est de même des plumes), ses excréments devenaient visqueux ou durs. La quantité des pertes excédait de beaucoup celle des matières ingérées; de là une diminution notable dans le poids du corps.

Des pigeons, privés d'eau, perdaient journellement 3,7 pour 100 de leur poids, et après douze à treize jours de privation, la perte s'élevait à 4,6 pour 100. La majeure partie de cette perte portait encore ici sur le tissu musculaire, la peau et la graisse; le cerveau, les yeux, la rate conservaient un poids sensiblement constant.

148. Une des questions les plus importantes pour la nutrition, c'est la recherche des rapports qui existent entre les aliments et les transmutations de l'organisme, dans les cas où le poids du corps augmente, c'est-à-dire pendant la croissance ou le développement de l'embonpoint. Cette question n'est en aucune façon élucidée. On a, il est vrai, tenté dans cette direction plusieurs séries d'expériences, mais elles sont insuffisantes et ne permettent pas de conclusions générales, surtout à cause des oscillations continuelles qu'éprouve le poids du corps, même dans les circonstances normales, par suite de la formation et de la destruction de certaines parties des tissus. Les observations sur le travail qui s'accomplit dans l'œuf, pendant l'incubation, sont elles-mêmes trop

peu nombreuses et trop peu exactes pour nous servir à cet égard. Rappelons ici seulement qu'il résulte de quelques expériences que l'ingestion dans le corps de certaines substances, avec les matières alimentaires, diminue la décomposition des matières azotées, et permet ainsi une formation plus abondante de tissus, tandis que d'autres substances, telles que le chlorure de sodium ou l'eau prise en abondance, paraissent activer cette décomposition et entraver la formation des tissus azotés.

La connaissance de la nutrition étant le but suprême de toutes les recherches de chimie physiologique, il ne faut pas s'étonner de trouver, dans ce chapitre, moins de résultats vraiment scientifiques que dans les chapitres précédents; car les travaux faits jusqu'ici n'ont eu pour objet que de trouver des bases solides qui permissent d'y établir plus tard des principes généraux. Malheureusement nous sommes encore bien loin d'une théorie complète de la nutrition, et il faut nous contenter de chercher à établir une balance entre la consommation et la dépense de l'organisme, et à obtenir ainsi du moins des notions approximatives. C'est à l'avenir qu'est réservée la connaissance des échanges intimes qui s'opèrent entre les principes concourant à la nutrition, ainsi que celle des différents agents et des différentes phases des transmutations de l'organisme. Cette connaissance étant un jour acquise, nous permettra seule de représenter avec une exactitude scientifique l'ensemble des phénomènes chimiques de la vie.

FIN.

ERRATA.

Page 114, ligne 8, d'en bas, *lisez* 345, *au lieu de* 400.

Page 189, après la ligne 16, *ajoutez* : Un homme sécrète, par chaque kilogramme qu'il pèse, 246 grammes de suc gastrique; une brebis, 120 grammes; un chien, 100 grammes.

Page 201, ligne 10, d'en bas, *lisez* 89, *au lieu de* 35.

Page 202, après la ligne 9, d'en haut, *ajoutez* : 1 partie de suc pancréatique récent (avec 0,014 de matière organique) convertit, à $+37°,4$, 672 parties de fécule en glucose, dans l'espace d'une demi-heure; ou 1 partie de diastase pancréatique supposée sèche convertit en glucose 333,7 parties de fécule.

Page 230, ligne 12, d'en haut, *lisez* bien moins de matières, *au lieu de* bien plus de matières.

Page 230, ligne 14, d'en haut, *lisez* $0^{gr},156$, *au lieu de* $0^{gr},35$.

Page 230, ligne 15, d'en haut, *lisez* $0^{gr},346$, *au lieu de* $0^{gr},15$.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building